

Vilniaus Gedimino technikos universitetas  
Vilnius Gediminas Technical University

Lietuvos mokslų akademija  
Lithuanian Academy of Sciences

# Statyba

---

# Civil Engineering

---

2001, VII tomas, Nr. 4

2001, Vol VII, No 4

8-ojo tarptautinio Vokietijos, Lenkijos ir Lietuvos kolokviumo  
„Racionalūs sprendimai statybos įmonių veikloje“ medžiaga

Proceedings of the 8-th international workshop  
"Rational decisions in the activities of construction companies"  
(May 14–15, 2001) from Germany, Poland and Lithuania

Vilnius „Technika“ 2001

## REDAKCIJOS KOLEGIJA

Prof. habil. dr. **Edmundas Kazimieras Zavadskas** (vyriausiasis redaktorius), Lietuvos mokslų akademijos narys korespondentas, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lietuva

Prof. habil. dr. **Gediminas Jonas Marčiukaitis** (vyriausiojo redaktoriaus pavaduotojas), Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lietuva

Prof. habil. dr. **Antanas Alikonis**, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lietuva

Prof. habil. dr. **Adam Borkowski**, Fundamentinių technikos problemų institutas, Świętokrzyska 21, 00-049 Varšuva, Lenkija

Prof. habil. dr. **Aleksandras Čyras**, Lietuvos mokslų akademijos tikrasis narys, Gedimino pr. 3, LT-2600 Vilnius, Lietuva

Prof. habil. dr. **Algirdas Eduardas Čičas**, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lietuva

Doc. dr. **Juozas Deltuva**, Kauno technologijos universitetas, Studentų 28, LT-3028 Kaunas, Lietuva

Prof. dr. **Patrick J. Dowling**, Karališkosios mokslų akademijos tikrasis narys, Karališkosios technikos akademijos tikrasis narys, Didžiosios Britanijos statybos inžinierių sąjungos tikrasis narys, Karališkosios jūrų architektų sąjungos tikrasis narys, Sario universiteto rektorius ir prezidentas, Guildford GU25XH, Didžioji Britanija

Prof. habil. dr. **Romualdas Ginevičius**, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lietuva

Prof. dr. **Edward J. Jaselskis**, Ajovos valstybinis universitetas, Ames, IA 50011, JAV

Doc. dr. **Pranciškus Juškevičius**, Aplinkos ministerija, A. Jakšto g. 4/9, LT-2600 Vilnius, Lietuva

Prof. habil. dr. **Rimantas Kačianauskas**, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lietuva

Doc. dr. **Stanislovas Kalanta** (atsakingasis sekretorius), Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lietuva

Prof. habil. dr. **Ipolitas Zenonas Kamaitis**, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Lietuvos mokslų akademijos narys ekspertas, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lietuva

Prof. habil. dr. **Oleg Kapliński**, Poznanės technologijos universitetas, Piotrovo 5, 60-965 Poznanė, Lenkija

Prof. habil. dr. **Romualdas Mačiulaitis**, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lietuva

Prof. habil. dr. **Josifas Parasonis**, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lietuva

Prof. habil. dr. **Friedel Peldschus**, Leipzigo taikomojo mokslo universitetas, Karl-Liebknecht-Strasse 132, 04277 Leipzig, Vokietija

Prof. habil. dr. **Karlis Rocens**, Latvijos mokslų akademijos tikrasis narys, Rygos technikos universitetas, Azenes 16, 1048 Ryga, Latvija

Prof. mokslų dr. **Vasilij Solomatov**, Rusijos architektūros ir statybos mokslų akademijos tikrasis narys, Maskvos valstybinis geležinkelio transporto universitetas, Obrazcovo 15, 103055 Maskva, Rusija

Prof. habil. dr. **Vytautas Stankevičius**, Lietuvos architektūros ir statybos institutas, Lietuvos mokslų akademijos narys ekspertas, Tunelio 60, LT-3035 Kaunas, Lietuva

## EDITORIAL BOARD

Prof Dr Habil **Edmundas Kazimieras Zavadskas** (Editor-in-chief), Lithuanian Academy of Sciences, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania

Prof Dr Habil **Gediminas Jonas Marčiukaitis** (Deputy editor-in-chief), Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania

Prof Dr Habil **Antanas Alikonis**, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania

Prof Dr Habil **Adam Borkowski**, Institute of Fundamental Technological Research, Świętokrzyska 21, 00-049 Warsaw, Poland

Prof Dr Habil **Aleksandras Čyras**, Lithuanian Academy of Sciences, Gedimino pr. 3, LT-2600 Vilnius, Lithuania

Prof Dr Habil **Algirdas Eduardas Čičas**, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania

Assoc Prof Dr **Juozas Deltuva**, Kaunas University of Technology, Studentų 48, LT-3028 Kaunas, Lithuania

Prof Dr **Patrick J. Dowling**, FRS FEng FICE, FRINA, Vice-Chancellor and Chief Executive, University of Surrey, Guildford GU25XH, UK

Prof Dr Habil **Romualdas Ginevičius**, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania

Assoc Prof Dr **Edward J. Jaselskis**, Iowa State University, Ames, IA 50011, USA

Assoc Prof Dr **Pranciškus Juškevičius**, Ministry of Environment, A. Jakšto g. 4/9, LT-2600 Vilnius, Lithuania

Prof Dr Habil **Rimantas Kačianauskas**, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania

Assoc Prof Dr **Stanislovas Kalanta** (Managing editor), Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania

Prof Dr Habil **Ipolitas Zenonas Kamaitis**, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuanian Academy of Sciences, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania

Prof Dr Habil **Oleg Kapliński**, Poznan University of Technology, Piotrovo 5, 60-965 Poznan, Poland

Prof Dr Habil **Romualdas Mačiulaitis**, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania

Prof Dr Habil **Josifas Parasonis**, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania

Prof Dr Habil **Friedel Peldschus**, Leipzig University of Applied Science, 132 Karl Liebknecht St, 04227 Leipzig, Germany

Prof Dr Habil **Karlis Rocens**, Latvian Academy of Sciences, Riga Technical University, Azenes 16, 1048 Riga, Latvia

Prof Dr Sc **Vasilij Solomatov**, Russian Academy of Architecture and Building Construction Sciences, Moscow Institute of Railway Transport, Obrazcov 15, 103055 Moscow, Russia

Prof Dr Habil **Vytautas Stankevičius**, Lithuanian Institute of Architecture and Building Construction, Lithuanian Academy of Sciences, Tunelio 60, LT-3035 Kaunas, Lithuania

## HISTORY AND TRENDS OF DEVELOPMENT OF COLLOQUY

**E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas**

*Vilnius Gediminas Technical University*

During the period of Lithuania's incorporation into the Soviet Union, scientific cooperation with foreign higher education institutions was lying dormant practically in the state of lethargy. It was regulated from Moscow. Closer cooperation among individual scientists and scientific groups could only be established in the cases when some lucky ones managed to get a chance of going abroad to work on probation for a longer period of time.

On the initiative of Prof A. Čyras, former principal of the Vilnius Civil Engineering Institute, one of the co-authors of this Article (E. K. Zavadskas) in 1980-81 worked on probation in the Leipzig Higher Technical School (Democratic Republic of Germany). During the period of probation the School was managed by its former principal Prof K. Fiedler.

The cooperation did not cease after the probation. Close relations have been established with Friedel Peldschus, teacher of the School.

In 1986 joint research work was prepared and issued by a publishing house of the School. The research work provided the basis for arranging a scientific colloquium with the participation of representative of higher schools and construction enterprises of the Democratic Republic of Germany. All the three co-authors of the publication read their respective reports at the colloquium.

In 1989 a decision was made to arrange a second colloquium with the invitation of representatives from Poland. Professors K. Fiedler, J. Ester, O. Kaplinski, Ch. Wagner participated in the colloquium. 8 publications have been issued.

The third colloquium, 1991, took place in Vilnius in the premises of the Civil Engineering Institute that had already been reorganized into the Vilnius Technical University. The event took place in the independent

Lithuania. Among participants there were representatives of the already reunited Germany represented by three higher schools – Leipzig Higher Technical School, Rhein-Westphalia Higher Technical School (RWTH) (Aachen) and Weimar Higher School of Architecture and Engineering. There were also representatives of the Poznan Technical University (PTU) invited who had already participated in the second colloquium. Representatives of Moscow and Leningrad Civil Engineering Institutes (now renamed in Technical Universities) and Bratislava Technical University (BTU) sent their reports to the colloquium. A report was also sent by representatives of the Danish Aalborg University. There were a large number of scientists participating on behalf of the hosting Vilnius Technical University.

Organizers of the fourth colloquium were a group of scientists from Poznan Technical University directed by Prof O. Kaplinski. The colloquium took place in 1993 with the participation of researchers from Germany, Poland and Lithuania. A report was also received from scientists of the Bratislava Technical University.

The initiative of organizing the fifth colloquium in 1995 belonged to Prof Peldschus – Chancellor of the Leipzig Higher Technical, Economic and Cultural School (HTWK) (former Leipzig Higher Technical School) and his team of scientists. This time the VTU had a numerous representation. Among the participants were Professors B. Melnikas, J. Staškevičius, J. Parasonis, E. Zavadskas, Assoc Professors A. Kaklauskas, R. Ginevičius, S. Raslanas, L. Ustinovičius. German representatives included Prof F. Peldschus and Prof R. Seeling. Among participants there were also representatives of the Poznan Technical University, although they did not present reports for publishing.

The sixth joint Lithuanian-German-Polish colloquium took place in the Vilnius Technical University,

Lithuania. Reports were read by scientists from Leipzig Prof F. Peldschus, Prof S. Raeder, Prof H. Müller, representatives of the Poznan Technical University Prof O. Kaplinski and others as well as scientists of the VTU.

The organizer of the seventh colloquium in 1999 was Prof R. Seeling from the Rhein-Westphalia Higher Technical School. Among the participants there were large groups of scientists from Poland and Lithuania, three professors from Leipzig and several scientists from Aachen. Representatives of the Leipzig Higher Technical, Economic and Cultural School took the initiative of publishing the research works of the colloquium. The publication was issued in 2000. Not all the reports have been published due to the lack of space. Therefore, the Vilnius Gediminas Technical University (former VTU) alongside commemorating the 15<sup>th</sup> anniversary of co-operation between the interrelated departments of the VGTU and Poznan TU, decided to issue the special-purposed edition of the “Civil Engineering” journal and publish therein reports of other authors, including articles covering research work results achieved by groups of scientists of the VGTU and Poznan TU during the period between the last two colloquiums. Altogether some 105 lecturers took part in all (seven) colloquiums. 90 articles have been published. 57 scientists representing seven countries (Democratic Republic of Germany, Federal Republic of Germany, USSR, Czech Republic, Poland, Denmark, Lithuania) participated in the colloquiums. Initiators of the series of colloquium Prof F. Peldschus and Prof E. Zavadskas participated in all seven colloquiums, Prof D. Kaplinski, Prof R. Seeling, Prof A. Kaklauskas participated in five colloquiums, Dr M. Celinska – Myslaw, Dr L. Ustinovičius participated in four colloquiums, and Prof R. Ginevičius, Prof K. Fiedler, Dr T. Thiel, Dr A. Banaitis participated in three colloquiums.

The 2001 colloquium took place in Vilnius and it was the eighth colloquium over the period of 15 years that witnessed such political events as the downfall of the Soviet Union, restoration of Lithuania’s independence, reunification of the Democratic Republic of Germany and Federal Republic of Germany, accession of Poland to NATO and splitting of Czechoslovakia into two independent states, Czech Republic and Slovakia.

The Vilnius Civil Engineering Institute headed by one of the co-authors of this article E. K. Zavadskas saw the reorganization of the Institute into the Vilnius Technical University (VTU) in 1990. On 17 October 1996, the Lithuanian Parliament (Seimas) granted the name of Lithuanian Great Duke Gediminas to the University, thus renaming it into the Vilnius Gediminas Technical University (VGTU). The Leipzig Higher Technical School has been reorganized into the Leipzig Higher Technical, Economic and Cultural School and Leipzig University of Applied Sciences. Moscow’s and Leningrad’s Civil Engineering Institutes have become Moscow and St Petersburg Construction Universities (MSU and SPSU) respectively.

In spite of all those changes the colloquiums have been held on a regular basis. Participants cooperated, read reports, published articles, defended theses, participated themselves and invited others to participate in the theses defending procedures.

This article gives a brief summary of the research results achieved by the colloquium participants. It is now hardly possible to trace back headings of all the reports delivered during the period of 15 years and find their authors. Not all the articles have been published in the press, although the majority of them have been issued. The article analyzes only the colloquium material published in science journals. Besides, efforts have been made to gather information on Habilitations and Doctoral theses defended by the colloquium participants as well as their science books written on the colloquium issues. Although we can hardly say that every possible piece of information has been found, nevertheless the bibliographical materials we managed to collect is quite copious and worth summarizing and publishing. Publication of the collected data will facilitate the work of other authors who are interested in problems related to decision-making in the sphere of civil engineering (construction). The article did not analyze the material of the eighth colloquium that took place in Vilnius because the preparatory work for the article went on prior to the commencement of this colloquium. The next, ie ninth colloquium will be held in the Poznan Technical University in 2003 and the tenth colloquium will take place in Leipzig in 2005.

17 Professors or Doctors Habil have participated in the work of the colloquiums, 7 of them in 1986–

2000 defended Habilitations: F. Peldschus (1986, Leipzig), E. Zavadskas (1987, Moscow), G. Badjin and K. Shreiber (1991, Leningrad), V. Teličenko (1994, Moscow), R. Ginevičius (1997, Vilnius), A. Kaklauskas (1999, Vilnius). 15 Doctors of science or Associate Professors have taken part in the colloquiums. Among other participants are research fellows, assistants or persons maintaining Doctoral theses. Among them the following have defended their Doctoral theses:

J. Omran (1988, Leipzig), W. Meszek (1989, Poznan), L. Ustinovič (1989, Dnepropetrovsk), M. Celinska (1990, Poznan), A. Kaklauskas (1990, Dnepropetrovsk), R. Tamošaitis (1991, Dnepropetrovsk), T. Dėjus, S. Mitkus (1992, Vilnius), Z. Turskis, E. Bejder, V. Kutut (1994, Vilnius), G. Ambrasas, S. Raeder (1997, Vilnius), T. Thiel (1997, Poznan), A. Banaitis, S. Jakučionis, V. Šarka, N. Kvederytė, V. Malienė (2000, Vilnius). Besides, theses were defended in Vilnius by A. Astrauka and P. Malinauskas, in Weimar by L. Rupprecht, in Moscow by S. Sušinskas, Ali Machmud Šarif and V. Bajetov, in Kaunas by R. Janušaitis, in Minsk by T. Gutorova. Although the above-mentioned persons did not participate directly in the work of the colloquium, nevertheless they maintained very close relations with its participants, held consultations and issued joint publications. The majority of the colloquium participants opposed the theses presented by colleagues from their own or foreign countries, participated in Doctoral Degree Committees and tutored doctoral theses. In Vilnius Doctoral theses have been defended by the German citizen S. Raeder and Danish citizen E. Bejder.

Fig 1 describes relations among universities and higher schools.

Fig 2 gives the number of published reports and their authors.

Fig 1 provides a chronology of colloquiums as well as the number of lecturers and reports published by individual states. It can be seen from the provided material that Lithuanian representatives have published 40 articles, German representatives – 31 articles, Polish representatives – 19 articles, Russian representatives – 4 articles, Czech representatives – 2 articles and Danish representatives – 1 article.

Fig 2 provides information about the number of colloquium participants, their theses defended and books

written. Among colloquium participants were 19 scientists from Lithuania, 18 from Germany, 11 from Poland, 5 from Russia, 3 from Czech Republic and 1 from Denmark. They prepared and defended 7 Habilitations and 30 Doctoral theses. These scientists have published 23 books. Lithuanian scientists have participated in the preparation of 18 books, German scientists 5 books, Polish scientists 2 books, Russian scientists 3 books, Danish scientists 2 books. As one can see, quite a lot of books have been compiled by international groups of scientists. In Leningrad the study guide of G. Badjin, F. Peldschus and E. Zavadskas has been published. In Vilnius the study guide of F. Peldschus and E. Zavadskas, in Leningrad the monograph of E. Zavadskas and in Denmark the book of E. Zavadskas and A. Kaklauskas as well as the book prepared by the two latter co-authors together with Dane E. Bejder have been issued. The book of these authors has been published in Vilnius too. Vilnius saw the publication of the monograph prepared by E. Zavadskas, F. Peldschus and A. Kaklauskas followed by the monograph of E. Zavadskas, O. Kaplinski, A. Kaklauskas and J. Brzezinski issued next year. In Vilnius the monograph “Matrix Games in Building Technology and Management” by E. Zavadskas and F. Peldschus has been published. In 2000 E. Zavadskas’ monograph “Mehrkriterielle Entscheidungen im Bauwesen” was published in Vilnius, which was edited and prefaced by F. Peldschus. K. Shreiber and T. Caj as well as other scientists have used research works of E. Zavadskas as a basis for compiling their books concerning theoretical principles of development of the decision support systems. O. Kaplinski in the book issued by the Polish Academy of Sciences reviews research works of the majority of colloquium participants.

Colloquium participants discussed a wide range of rational decision-making problems within the field of construction technology and organization. These problems can be joined into the following groups.

1. Creation of decision support systems intended for designing rational technological processes.

Theoretical principles of the decision support systems have been created in the research works of E. Zavadskas. Persons working for Doctor’s degree under his guidance have created the following decision support systems: L. Ustinovičius – erection of reinforced

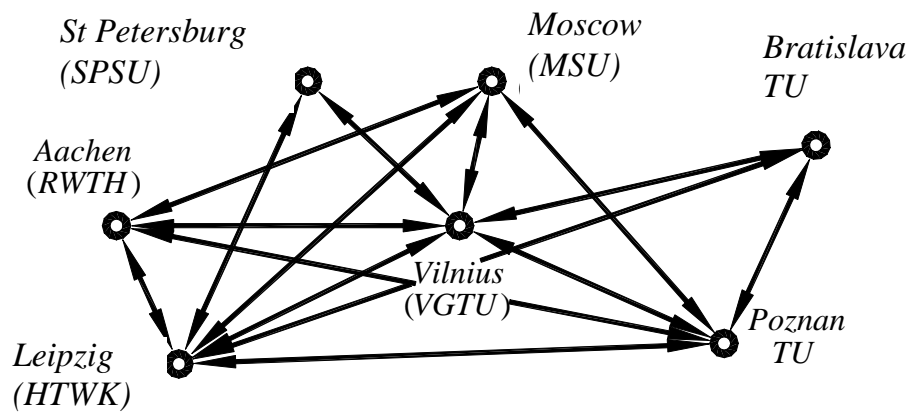


Fig 1. Relations between universities and higher schools

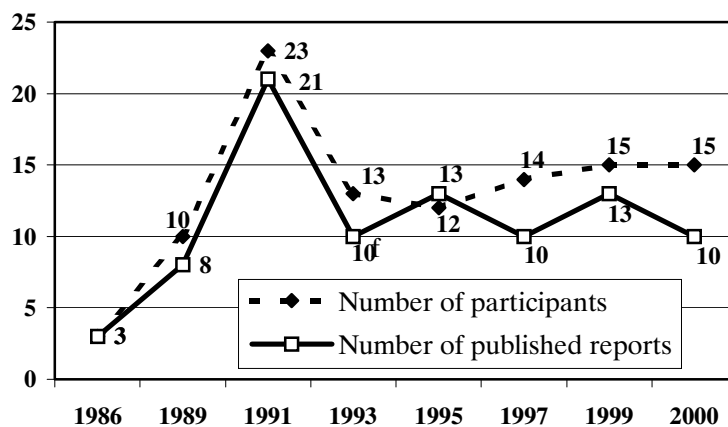


Fig 2. Number of reports and lecturers participated in the colloquiums

Table 1. Number of published papers during different colloquiums

Colloquium	Year	City	Number of published papers						
			Lithuania	Germany		Poland	Czech	Denmark	Russia
				DRG	FRG				
1	1986	Leipzig	1/1	2/2	–	–	–	–	–
2	1989	Leipzig	2/1	7/7	–	1/2	–	–	–
3	1991	Vilnius	12/8	6/7		1/1	1/1	1/1	4/5
4	1993	Poznan	4/4	1/1		5/6	1/2	–	–
5	1995	Leipzig	7/8	5/4		–	–	–	–
6	1997	Vilnius	4/7	3/3		4/4	–	–	–
7	1999	Aachen	3/5	7/9		3/3	–	–	–
7*			7/10	–		5/5			
<b>Σ</b>			<b>40/44</b>	<b>31/33</b>		<b>19/21</b>	<b>2/3</b>	<b>1/1</b>	<b>4/5</b>

Note: 7\* – Aachen colloquium reports published by the VGTU in 2000

**Table 2.** Number of participants, books, defended Habilitations (Dr Sc) and Doctoral theses

	Total	Country					
		Lithuania	Germany	Poland	Russia	Czech	Denmark
Number of participants	57	19	18	11	5	3	1
Number of books	23	18	7	2	3	-	2
Habilitations of Dr Sc theses defended	7	3	1	-	3	-	-
Doctoral theses defended	30	16	4	3	6	-	1

**Table 3.** Number of participants, publications and tutored Doctors

No	Colloquium participant	Number of participants	Number of publications		Number of tutored Doctors	
			Articles	Books	Direction	Participation
1.	E. Bejder	1	1	2	-	-
2.	R. Ginevičius	3	3	4	-	3
3.	M. Celinska	4	4	-	-	-
4.	K. Fiedler	3	3	1	1	-
5.	A. Kaklauskas	5	10	7	2	5
6.	O. Kaplinski	5	7	2	3	3
7.	R. Seeling	5	5	2		-
8.	F. Peldschus	7	12	4	1	8
9.	J. Paslawski	3	3	-	-	-
10.	L. Ustinovičius	4	4		-	2
11.	T. Thiel	3	3	-	-	-
12.	J. Brzezinski	1	1	1	-	-
13.	E. Zavadskas	7	20	13	16	12

concrete constructions of single-storey industrial buildings, A. Kaklauskas – farm buildings erected from three-joint frames, R. Tamošaitis – erection of multi-storey skeleton-type buildings, S. Mitkus – automated designing of the construction master plan, T. Dėjus – erection of farm-purposed/agricultural buildings, Z. Turskis – construction of one-storey single-family dwelling houses, G. Ambrasas – refurbishment of dwelling houses. Theoretical principles of the decision support systems have been applied to the design of reconstruction of dwelling houses by K. Shreiber; G. Badjin adapted these methods to the designing of erection technology of pile footings.

Theoretical principles of creation of the decision support systems recommended in the research of E. Zavadskas have been applied by the following scientists:

L. Rupprecht – for comparison of erection variants of the atomic electric wall constructions, Ali Machmud Sharif – for designing rational variants of

the monolithic houses, V. Bajetov – for improvement of the construction preparation level, R. Janušaitis – for optimization of the heat insulation processes of exterior walls of the built dwelling houses, A. Astrauka – for designing the clay floor thickening/condensing technology, V. Kutut – for solving old-town regeneration tasks, T. Gutorova – for selection of the rational barrier-type constructions of the single-storey farm buildings, S. Sušinskas – for designing rational pile-column plunging technology, A. Banaitis – for creation of the Lithuanian rational construction building model, S. Jakučionis – for motivating the rational financing variant of the old-town buildings' renovation, V. Šarka – for creation of synthesis methods of the solution support system in construction, P. Malinauskas – for selection of the rational technology of the buildings from monolithic reinforced concrete.

2. Creation, improvement and application of the multiple criteria decision-making methods.

F. Peldschus has carried out a lot of scientific

research with the aim of adapting methods of the game theory for solving construction technology and organization tasks. J. Omran and F. Peldschus have applied the in-determined set theory for the search of rational solutions in construction. R. Seeling has applied the efficiency/utility analysis for the economic comparison of construction variants.

T. Thiel has used the ELECTRE methods for motivating the rational construction variants, S. Mitkus has applied the lexicographical method, T. Dėjus has defined/named the multiple criteria variants by using different methods. E. Zavadskas and A. Kaklauskas and L. Ustinovičius have applied the whole set of multiple criteria optimization methods for solving various construction technology and organization problems. New methods for performing multiple criteria analysis of the project have been developed by E. Zavadskas and A. Kaklauskas: a method of complex determination of the significances of the criteria taking into account their quantitative and qualitative characteristics; a method of multiple criteria complex proportional evaluation of the projects; a method for defining the utility and market value of an object; a method for multiple criteria multivariant design of a building life cycle; methods of multicriteria decision synthesis.

3. Issues of the construction process harmonization, optimization and reliability have been discussed.

The largest amount of work in this sphere has been done by a group of scientists headed by O. Kaplinski. Scientists from Germany, Lithuania, Denmark, Czech Republic and Russia presented their reports on these issues.

4. Problems related with the application of construction expert methods and the created expert systems.

Research works of R. Ginevičius, H. Hajdasz, A. Marlewski, E. Zavadskas, A. Kaklauskas and A. Banaitis are intended for improving the expert investigation methods. Ch. Wagner has developed expert systems. The largest amount of work in this sphere of activity has been done by a group of scientists headed by O. Kaplinski. A joint monograph prepared by the Vilnius and Poznan Technical Universities is dealing with problems of the expert systems application in construction.

5. Creation of the building life-cycle process models.

Principles of creating such models have been formulated in the Habilitation and monograph written by E. K. Zavadskas. Further investigation in this field has been continued by A. Kaklauskas and N. Kvederytė. A new monograph compiled by the latter co-authors is being prepared for publication.

6. The rational dwelling house construction selection model has been created.

O. Kaplinski, T. Thiel, E. Zavadskas, R. Ginevičius, A. Banaitis, A. Kaklauskas and S. Raslanas worked in the field of selection, analysis and forecasting of rational methods of dwelling construction.

Various ministries have financed colloquiums held in Germany and Poland, whereas colloquiums arranged in Lithuania have not been sponsored by any financial means. However, we are pleased to see that participants of the colloquium do their work creatively and efficiently. We hope that the same spirit of creativity and proficiency in future will not disappear and the number of participants will increase.

7. Total life analysis, modelling and forecasting construction in Lithuania

The research aim of E. Zavadskas, A. Kaklauskas and A. Banaitis was to produce an analytical model of the rational construction industry in Lithuania by undertaking a complex analysis of micro-, meso- and macroenvironment factors affecting it and to give recommendations on the increase of its competitive ability. The research was performed by studying the expertise of advanced industrial economies and by adapting it for Lithuania, taking into consideration specific history, development level, needs and traditions. Simulation was undertaken to provide insight into creating an effective environment for the construction industry by choosing rational micro-, meso- and macrofactors.

8. Efficiency increase in efficiency of e-commerce systems applying multiple criteria decision support systems.

At present the developed by E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas, V. Trinkūnas, M. Gikys, A. Gulbinas multiple criteria e-commerce system allows the performance of functions as follows: search of alternatives, finding out of alternatives and making of comparative tables, alternatives evaluation, the after-purchase evaluation.



## References

Kolloquium „Methoden der bautechnologischen Entscheidung“ am 12 September 1986 in Technischen Hochschule Leipzig, DDR:

1. K. Fiedler, F. Peldschus, E. Zavadskas. Methoden der bautechnologischen Entscheidung, Wiss. Berichte der Technischen Hochschule Leipzig, Heft 17. 1986. 56 S.

Kolloquium „Entscheidungen in der Bautechnologie“ am 13 September 1989 in Leipzig, DDR. Wiss. Berichte der Technischen Hochschule Leipzig, Heft 6, 1990:

2. K. Fiedler. Anforderungen und Entscheidungen in der Bautechnologie. S. 1–5.
3. J. Ester. Grundlagen der interaktiver Entscheidungssysteme. S. 6–14.
4. E. Zavadskas. Mehrkriterielle Entscheidungen bei der technischen und technologisch-organisatorischen Vorbereitung im Bauwesen. S. 15–21.
5. O. Kaplinski, W. Meszek, F. Peldschus. Die Berechnung von Steuerparametern für harmonisierte Bauprozesse unter Unbestimmtheitsbedingungen. S. 22–27.
6. J. Omran, F. Peldschus. Entscheidungen mit unscharfen Spielen. S. 28–38.
7. Ch. Wagner. Entscheidungsunterstützendes Expertensystem für Versorgungsprozesse im Ausbau. S. 39–56.
8. U. Wolf. Entscheidungen im Planspiel. S. 57–65.
9. I. Löhne, F. Peldschus, E. Zavadskas. Programmsystem Entscheidungstheorie. S. 66–71.

Kolloquium „Entscheidungen in der Bautechnologie“ am 9 Dezember 1991, Vilnius, Litauen. Vilniaus technikos universiteto mokslo darbai: Statybos technologija ir menedžmentas, 6. Vilnius: Technika, 1992:

10. V. I. Telichenko. Fundamental principles of formation and valuation of flexible construction structures [in Russian]. P. 7–17.
11. G. Badjin. Analysis of efficiency of pile-foundation building technologies [in Russian]. S. 18–21.
12. K. Shreiber, E. Zavadskas, V. Kutut. Methodological problems of formation of contract prices in reconstruction of buildings [in Russian]. P. 22–25.
13. E. Zavadskas, J. Omran, F. Peldschus. Choice of construction variant of a long pipeline as a multi-purpose objective [in Russian]. P. 26–35.
14. E. Zavadskas, T. Caj, B. Bajetov. Methodological fundamentals of variant designing as a multi-purpose task [in Russian]. P. 36–43.
15. L. Ustinovich. Multi-purpose selectonovation of technological solutions for mounting of single-storey industrial buildings [in Russian]. P. 56–60.
16. S. Mitkus. Applications of lexicographical and progressive discount methods in multi-purpose valuation of general project plans [in Lithuanian]. P. 73–77.
17. T. Dejus. Valuation of multi-criteria variants while applying the different mathematical methods [in Lithuanian]. P. 92–96.

18. R. Tamosaitis. Imitative modelling of calendar schedules of construction work [in Lithuanian]. P. 102–106.
  19. E. Zavadskas, Z. Turskis. Variant designing of single-family houses [in Lithuanian]. P. 107–114.
  20. E. Zavadskas, Z. Turskis. Multi-purpose selectonovation of single-family houses [in Lithuanian]. P. 115–122.
  21. F. Peldschus. Bewertungsprobleme bei mehrkriteriellen Entscheidungen. S. 3–7.
  22. I. Löhne, F. Peldschus, E. Zavadskas. LEVI ein Programm zur Lösung von mehrkriteriellen Entscheidungsaufgaben. S. 6–13.
  23. R. Seeling. Wirtschaftlichkeitsvergleiche und Nutzwertanalysen zur Auswahl von Schalsystemen. S. 14–30.
  24. E. Zavadskas, A. Kaklauskas. Multivariant automatic design and multiple criteria decision-making methods help to achieve higher productivity and create better working conditions in industry. P. 31–37.
  25. S. Mitkus. Using lexicographical and method of gradual concessions in multicriterial estimation of general works layouts. P. 38–43.
  26. O. Kaplinski. Development and applications of the decision technics in construction management. P. 44–61.
  27. E. Bejder. Development and of quality systems in building decision companies. P. 62–69.
  28. K. Fiedler. Bautechnologische Entscheidungen unter marktwirtschaftlichen Bedingungen. S. 70–76.
  29. I. Vavra. The model of soil compaction by vibration rollers. P. 77–84.
  30. W. Streit, K.-D. Röbenack. Prozessqualität am Beispiel des Gleitbauverfahrens. S. 85–103.
- Colloquium „Planning Instruments in Construction Management“, 23–24 September 1993, Poznan, Poland. Zeszyty naukowe Politechniki Poznańskiej, Budownictwo Ładowe, N 38, 1994:
31. E. Zavadskas, A. Kaklauskas. Multiple criteria analysis and determination of the utility degree of the contracts and contractors. P. 7–14.
  32. O. Kaplinski, T. Thiel. Evaluation of multi-family housing systems by means of multicriteria optimisation. P. 15–30.
  33. F. Peldschus. Gleichgewichtsbetrachtungen für Bauprozesse. S. 31–38.
  34. E. Zavadskas, A. Kaklauskas. Determining the most profitable investment projects. P. 39–45.
  35. R. Ginevicius. On applying expert methods in quantitative estimation of construction industry technology. P. 47–50.
  36. J. Brzeziński. Expert system of choice technology. P. 51–71.
  37. M. Celinska. Programmierung der Lokalisation eines Betonmischungsherstellwerks. S. 73–78.
  38. J. Paslawski. A conception of computer-aided concrete accelerated curing optimisation. P. 79–84.

39. M. Milosz. Network application for constructing company resources optimisation. P. 85–90.
40. I. Zapletal, A. Puskar. Optimisation concerning the building structure design. P. 91–95.
- 5 Deutsch-Litauisch-Polnisches Kolloquium „Planungsinstrumente im Baubetriebswesen“ an der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig. BRD. Beiträge zur Lehre und Forschung. Deutsch-Litauisch-Polnisches Kolloquium zum Baubetriebswesen. Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur in Leipzig. 3 Jahrgang. Sonderheft:
41. F. Peldschus. Eröffnung des Kolloquiums. S. 2.
42. E. Zavadskas, A. Kaklauskas. The new method of multicriteria evaluation of projects. P. 3–7.
43. R. Seeling. Erfährt die betriebliche Optimierung eine Wiederbelebung? S. 8–13.
44. F.-J. Schwarzat. Schalungsplanung als wissenbasierte Konfigurierungsaufgabe. S. 14–20.
45. F. Peldschus. Fuzzy Methoden im Baubetriebswesen. S. 21–25.
46. B. Melnikas. Probleme des Transformations- und Investitionsmanagements in Osteuropa. S. 26–30.
47. J. A. Staskevicius. Innovationen und Qualität in Litauen. S. 31–35.
48. E. Zavadskas, A. Kaklauskas. Total quality project assessment system. P. 36–40.
49. J. Parasonis. Faktoren der Bauqualität in verschiedenen Stadien des Investitionsprozesses. S. 41–46.
50. U. Neiser. Risikobewältigung im Baumanagement. S. 47–55.
51. L. Ustinovicus. Marketing of the Vilnius Old Town restoration. P. 56–59.
52. R. Ginevicius. Die Beeinflussung von Strukturparametern durch die Grösse des Baubetriebes. S. 60–61.
53. S. Raslanas. Prognoseschatzung für effektive ländliche Siedlungen. S. 62–64.
- 6 Lituanian-German-Polish Scientific Colloquium on Rational Decisions in Construction Companies Activities. Vilnius Technical University, Vilnius, Lithuania. Statyba – Civil Engineering, 1997, N 4(12):
54. O. Kapliński, E. Zavadskas. Expert systems for construction processes. P. 49–61.
55. E. Zavadskas, A. Kaklauskas, Z. Turskis. Multicriteria decision-making system for building refurbishment. P. 62–68.
56. F. Peldschus. Bemerkungen zum Qualitätsmanagement im Bauwesen. S. 69–73.
57. H. Müller. Baubetriebliche Verfahrensauswahl mit vergleichsinternen Plausibilitätskontrollen. S. 74–81.
58. S. Raeder. Konzeption zur Neugliederung der Baubetrieblichen Informationssysteme nach betriebswirtschaftlichen und verfahrenstechnischen Methoden. S. 82–89.
- Statyba – Civil Engineering, 1998, IV t., N 1:
59. M. Celińska-Myslaw, O. Kapliński. The application of the LINDO program to solving location problems for concrete mix production plants. P. 56–63.
60. L. Ustinovicus, S. Jakucionis. Multicriterion analysis of investment to real estate. P. 72–77.
61. E. Zavadskas, A. Kaklauskas, A. Banaitis, V. Jonaitis. Creation of rational entrepreneurship conditions in construction industry of Lithuania, P. 78–85.
- Statyba – Civil Engineering, 1998, IV vol, N 4:
62. M. Celińska-Myslaw, O. Kapliński. Location problems of concrete mix production plants. P. 292–296.
63. M. Hajdasz, A. Marlewski. Adaption of standard information on cranes to the requirements of an expert systems. P. 297–303.
- 7 Deutsch-Litauisch-Polnisches Kolloquium zum Baubetriebswesen. 15-17 September 1999, RWTH Aachen, Aachen, BRD. Podium. Sonderheft Deutsch-Litauisch-Polnisches Kolloquium zum Baubetriebswesen, 2/2000. 7 Jahrgang. Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur (HTWK) Leipzig (FH):
64. R. Seeling. Vorwort zur Dokumentation der Fachvorträge. S. 2.
65. E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas, A. Banaitis. Total life analysis, modeling and forecasting of housing in Lithuania. P. 3–12.
66. E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas, N. Kvederyte. A method of multiple criteria multivariant designs of a building life cycle. P. 13–18.
67. R. Ginevicius. Strategische Entscheidungen in Bauunternehmen. S. 19–22.
68. T. Thiel. Multicriteria analysis of selected solution in road surface construction of future motorways in Poland. P. 23–28.
69. F. Peldschus. LEVI-3.0 – Ein Programm für mehrkriterielle Entscheidungen. S. 29–31.
70. M. Celińska-Myslaw. Zur Modellierung von Elementen der Unternehmensführung für ein Bauunternehmen. S. 332–36.
71. S. Raeder. Eigenleistungen oder Outsourcing in Bauunternehmen – Entscheidungshilfen im Grenzbereich. S. 36–39.
72. R. Seeling. Ummelmanagement in der deutschen Bauwirtschaft. S. 40–44.
73. N. Cachadinha, R. Kalkarmi. Uncertainty in construction scheduling, assuring the project delivery date through scheduling optimisation. P. 45–50.
74. B. Reichelt. Untersuchungen zur Verbesserung der Informationsgewinnung und Informationssteuerung während der Projektentwicklung von Bauvorhaben. S. 51–56.
75. R. Seeling, G. Hengefeld. CONTROLLING – Ziele, Wege, Hilfsmittel. 57–60.
76. J. Paslawski. Advisory system for concreting at low temperatures. P. 61–64.
- Statyba – Civil Engineering, 2000, Vol VI, Nr 6. (On the occasion of the 15<sup>th</sup> anniversary of cooperation between the

- Department of Construction Engineering and Management of Poznan University of Technology and the Department of Building Technology and Management of Vilnius Gediminas Technical University):
77. O. Kaplinski. Changes and achievements in CM research and CM education at the Poznan University of Technology. P. 385–396.
  78. E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas. Efficiency increase in research and studies while applying up-to-date information technologies. P. 397–414.
  79. J. Paslawski. Methods for risk management in concreting at low temperatures. P. 415–419.
  80. T. Thiel. Application of multicriteria decision-aid methodology in building production engineering. P. 420–430.
  81. A. Fojud. Multidimensional data analysis in construction industry. P. 431–435.
  82. T. Wiatr. Capital expenditure and receipts analysis in construction project management (description of the model). P. 436–439.
  83. S. Mitkus, T. Dėjus. Multiple criteria evaluation of construction tenders in accordance with the law on public procurement of the republic of Lithuania. P. 440–444.
  84. N. Kvederytė. Analysis of efficiency of single-family house life cycle. P. 445–450.
  85. A. Banaitis. Model of rational housing in Lithuania. P. 451–456.
  86. V. Malienė. Valuation of commercial premises by the method of multiple criteria analysis. P. 457–463.
  87. V. Šarka. A decision support system applying multicriteria synthesis methods in construction. P. 464–468.
  88. S. Jakučionis, L. Ustinovicus. Multicriteria analysis of the variants of the old town building renovation in the marketing aspect. P. 469–475.
  89. F. Peldschus. Zur Anwendung der Theorie der Spiele für Aufgaben der Bautechnologie. Diss.B. Technische Hochschule Leipzig. 1986.
  90. E. K. Zavadskas. Multi-purpose selectonovation of technological decisions of building production [in Russian]. Diss. Dr.Sc. Vilnius-Moskva. 1987.
  91. J. Omran. Entscheidungsunterstützende Methoden in der bautechnologischen Vorbereitung unter Berücksichtigung von unscharfen Spielen – Fuzzy Games. Dis. A. Technische Hochschule Leipzig, 1988.
  92. W. Meszek. Balancing of building processes under uncertain condition [in Polish], PhD-thesis, Technical University of Poznan, 1989.
  93. L. Ustinovitch. Multipurpose selection of technological decisions in assembly of two-stored industrial buildings [in Russian], PhD-thesis, Dnepropetrovsk – Vilnius, 1989.
  94. M. Celińska. Programming of concrete – mix plant location with regard to a proposed method of demand dimension determination [in Polish], PhD-thesis, Poznan University of Technology, Poznan, 1990.
  95. A. Kaklauskas. Multi-purpose selectonovation of technological solutions for building of agricultural-production buildings [in Russian], PhD-thesis, Dnepropetrovsk – Vilnius, 1990.
  96. S. Sushinskas. Improvement of technology of raising the piles-columns [in Russian]. PhD-thesis, Moskva, 1989.
  97. S. Mitkus. Automated designing and multi-purpose selectonovation of general project plans [in Russian], PhD-thesis, Vilnius Technical University, 1992.
  98. T. Gutorova. Increase of technological level of barrier structures of single-storey production- agricultural buildings [in Russian], PhD-thesis. Minsk, 1992.
  99. R. Tamosaitis. Multi-purpose valuation of efficiency of use of cranes in mounting of frame buildings [in Russian]. PhD-thesis, Dnepropetrovsk-Vilnius, 1991.
  100. T. Dejus. Multi-purpose selectonovation of mounting of production buildings [in Russian], PhD-thesis, Vilnius Technical University, Vilnius, 1992.
  101. A. Astrauka. Clay grounds densification technology [in Russian]. PhD-thesis. Vilnius Technical University, Vilnius, 1993.
  102. Z. Turskis. Multi-purpose selectonovation of single-family houses [in Lithuanian], PhD-thesis. Vilnius Technical University, Vilnius, 1993.
  103. E. Bejder. Quality systems of building industry companies: formation, development taking into consideration adjustment of interested in groups [in Lithuanian], in English]. PhD-thesis, Vilnius Technical University, 1994.
  104. V. Kutut. Regeneration of Old Towns [in Lithuanian]. PhD-thesis. Vilnius Technical University, Vilnius, 1994.
  105. P. Malinauskas. Multi-purpose selectonovation of buildings built of monolithic ferroconcrete [in Lithuania]. PhD-thesis. Vilnius Technical University, Vilnius, 1994.
  106. S. Raeder. Technologische und organisatorische Untersuchungen zu aktuellen Bauprozessen und akuten Baukosten. Eine prozessorientierte homogene empirische Theorie des Baubetriebes. PhD-thesis. Technischen Universität Gediminas in Vilnius. Vilnius, 1997.
  107. G. Ambrasas. Multipurpose complex assessment of thermal renovation solutions for apartment houses [in Lithuanian]. PhD-thesis, Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, 1997.
  108. R. Ginevicius. Die Situationsanalyse und Gestaltung der organisatorischen Leitungsstrukturen von Bauunternehmen [in Lithuanian, in German]. Diss. Dr Habil Vilnius Gediminas Technical University, 1997.
  109. T. Thiel. Methodical aspects of multicriteria decisions in engineering of building production [in Polish]. PhD-thesis, Poznan University of Technology, 1997.
  110. A. Kaklauskas. Multiple criteria decision support of building life cycle. Research report presented for Habilitation. Vilnius Gediminas Technical University, 1999.
  111. A. Banaitis. Model of rational selection of housing [in Lithuania, in English]. PhD-thesis, Vilnius Gediminas Technical University, 2000.

112. S. Jakucionis. Multicriterian analysis of old town buildings restoration in the aspect of marketing [in Lithuania, in English], PhD-thesis, Vilnius Gediminas Technical University, 2000.
113. V. Šarka. The multicriteria decision synthesis when selecting racional technological-organisational variants of buildings [in Lithuania, in English] PhD-thesis, Vilnius Gediminas Technical University, 2000
114. N. Kvederyte. Efficiency of single-family houses in harmonisation of interessts of participans of their life cycle [in Lithuania, in English]. PhD-thesis, Vilnius Gediminas Technical University, 2000.
115. V. Maliene. Property valuation using the methods of multiple criteria analysis [in Lithuanian, in English]. PhD-Thesis, Vilnius Gediminas Technical University, 2000.
116. L. Rupprecht. Beitrag zum Bauwesen-Vergleich im KKW-Bau, dargestellt am Beispiel von Wandkonstruktionen radioaktiver Nebenanlagen. Dis. ... (A) zur Erlangung des akademischen Grades Dr.-Ing.-Wiss. Rat der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar. Weimar, 1987.
117. Ali Machmud Sharif. Efficient organizing-technological decisions in construction of multi-storey monolithic residing buildings in conditions of building up of the Damask City. [in Rusian] PhD-Thesis. Moscow Civil Engineering Institute, 1989.
118. B. Bajetov. Complex valuation and increase of organizing-technological level of preparedness for building production. [in Rusian]. Moscow Engineering Civil Institute, 1990.
119. G. Badjin. Scientific fundamentals of increase of efficiency and quality of pile-building works. [in Rusian] Diss. Dr. Sc. Leningrad Engineering Civil Institute, Leningrad, 1991.
120. K. Shreiber. Scientific fundamentals of organization of residing buildings reconstruction designing. [in Russian]. Leningrad Engineering Civil Institute, Leningrad, 1991.
121. R. Jonušaitis. Optimization of processes of heat insulation of external walls of built dwelling houses. [in Lithuanian]. PhD-thesis. Kaunas University of Technology, 1998.
122. V. Telicenko. Scientifically-methdological bases of designing the flexible building technologies [in Russian]. Diss. Dr. Sc. Moskva, 1994.
123. E. Zavadskas, F. Peldschus. Application of games theory in preparation for building production [in Russian]. Vilnius Engineering Civil Institute, Vilnius, 1986.
124. E. K. Zavadskas. Komplexe Bewertung und Auswahl ressourcensparender Entscheidungen im Bauwesen. [in Russian]. Vilnius: Mokslas, 1987. S. 210.
125. G. Badjin, E. Zavadskas, F. Peldschus. Game modelling in preparation for building production [in Russian]. Leningrad Engineering Civil Institute, Leningrad, 1989, 40 P.
126. T. Caj, B. Shirshikov, B. Baetov, V. Caj. Engineering preparation for building production [in Russian]. Moscow: Strojizdat, 1990. 352 P.
127. E. K. Zavadskas Systemotechnical Evaluation of Construction technology Processes. [in Russian]. Leningrad: Strojizdat, 1991, P. 257.
128. E. Zavadskas, A. Kaklauskas. Automated multivariant design of buildings, multi-purpose comprehensive evaluation and selection of the most efficient versions. Aalborg: Denmark Aalborg universitetscenter, 1991. 65 P.
129. A. Shreiber. Variant designing in reconstruction of dwelling buildings [in Russian]. Moscow: Strojizdat, 1991. 285 P.
130. E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas, E. Bejder, T. Motekunas. Multiple criteria analysis of building construction and maitenance. Vilnius Technical University, Aalborg University, Denmark. Vilnius: Technika, 1992. 84 P.
131. E. Zavadskas, A. Kaklauskas, E. Bejder. Multiple criteria analysis of projects. Aalborg university, Vilnius Technical University. Aalborg: Aalborg Universitetscenter, 1992. 93 P.
132. E. Zavadskas, F. Peldschus, A. Kaklauskas. Multiple criteria evaluation of projects in construction. Vilnius Technical University. Vilnius: Technika, 1994. 226 P.
133. E. Zavadskas, O. Kapliński, A. Kaklauskas, J. Brzeziński. Expert systems in construction industry. Trends, potential and applications. Vilnius Technical University, Poznan University of Technology. Vilnius: Technika, 1995.
134. R. Ginevicius. Quantitative valuation of technology of building production. Vilnius: Technika, 1995. 50 P.
135. R. Ginevicius, E. K. Zavadskas. Tendencies of development of dwelling construction in Europe and Lithuania. Vilnius: Technika, 1995. 54 P.
136. E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas. Multiple criteria evaluation of projects in construction. [in Lithuanian]. Vilnius Technical University. Vilnius: Technika, 1996. 280 P.
137. F. Peldschus, E. K. Zavadskas. Matrix games in building technology and management. [in Lithuanian]. Vilnius: Technika, 1997. 134 P.
138. R. Ginevicius. Situational analysis and formation of organizing management structures of construction enterprises [in Lithuanian]. Vilnius: Technika, 1997. 336 P.
139. O. Kaplinski. Modelling of construction processes. A managerial approach. Polska Akademia Nauk. Warszawa, 1997. 175 P.
140. R. Ginevicius. Diversification of company activities. [in Lithuanian]. Vilnius: Technika, 1998. 152 P.
141. E. K. Zavadskas, L. Simanaukas, A. Kaklauskas. Decision support systems in construction. [in Lithuanian]. Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius: technika, 1999. 236 P.
142. E. K. Zavadskas. Mehrkriterielle Entscheidungen im Bauwesen. Technische Universität Gediminas in Vilnius. Vilnius: Technika, 2000. 208 S.
143. R. Seeling. Unternehmensplanung im Baubetrieb. B. G. Teubner Stuttgart, 1995. 260 S.
144. R. Seeling. Projektsteuerung im Bauwesen. B. G. Teubner Stuttgart, 1996. 150 S.

## KOLOKVIUMŲ ORGANIZAVIMO ISTORIJA IR TENDENCIJOS

E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas

### Santrauka

Per penkiolika metų įvyko aštuoni „Daugiakriterinių sprendimų priėmimo“ kolokviumai. 2001 m. Vilniuje įvykęs kolokviumas yra aštuntasis.

Ankstesniuose septyniuose „Daugiakriterinių sprendimų priėmimo“ kolokviumuose dalyvavo iš viso 105 pranešėjai. Paskelbta 90 straipsnių. Dalyvavo 57 mokslininkai iš septynių valstybių (buvusių VDR, VFR, SSSR, taip pat iš Čekijos, Lenkijos, Danijos, Lietuvos). Straipsnyje trumpai apžvelgiami visų aštuonių kolokviumų dalyvių darbų rezultatai daugiausia dėmesio skiriant mokslo žurnaluose skelbtai kolokviumų medžiagai. Be to, buvo bandyta surinkti informaciją apie kolokviumo dalyvių apgintas habilitacines ir daktaro disertacijas, jų parašytas mokslines knygas kolokviumo tematika, apibendrinti gautus rezultatus. Galbūt ne viską pavyko rasti, tačiau ir surinkta bibliografinė medžiaga yra gana turtinga, taigi verta ją apibendrinti ir paskelbti. Tai palengvins darbą tiems autoriams, kuriuos domina sprendimų priėmimo statyboje problematika. Kolokviumų darbe dalyvavo 17 profesorių arba habilituotų daktarų (iš jų 7 1986–2000 m. apgynė habilitacines disertacijas) ir 15 mokslo daktarų arba docentų. Kiti dalyviai – moksliniai bendradarbiai, asistentai arba doktorantai. Kolokviumų tematika 27 asmenys iš kolokviumuose dalyvaujančių institucijų apgynė daktaro disertacijas. Nors ne visi šie asmenys tiesiogiai dalyvavo kolokviumo darbe, tačiau jie labai glaudžiai bendradarbiavo su jo dalyviais, konsultavosi su jais, paskelbė bendrų publikacijų. Daugelis kolokviumo dalyvių oponavo savo šalies ir kolegų iš užsienio disertacijas, dalyvavo doktorantūros komitetuose, buvo daktaro disertacijų vadovai. Lietuvos atstovai paskelbė 40, Vokietijos – 31, Lenkijos – 19, Rusijos – 4, Čekijos – 2, Danijos – 1 straipsnius. Kolokviumuose dalyvavo 19 Lietuvos, 18 Vokietijos, 11 Lenkijos, 5 Rusijos, 3 Čekijos ir 1 Danijos mokslininkai. Parengtos 23 knygos. Lietuvos mokslininkai dalyvavo rengiant 18 knygų, Vokietijos mokslininkai – 5, Lenkijos – 2, Rusijos – 3, Danijos – 2. Nemaža knygų parengė tarptautiniai kolektyvai.

.....  
**Edmundas Kazimieras ZAVADSKAS.** Doctor Habil, Professor, Rector of Vilnius Gediminas Technical University. Member of Lithuanian Academy of Sciences, Member of Ukrainian Academy of Technological Cybernetics. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: Rector@adm.vtu.lt

In 1973 PhD (building structures). Professor at the Dept of Building Technology and Management. In 1987 Dr Habil (building technology and management). Research visits to Moscow Civil Engineering Institute, Leipzig and Aachen Technical Universities. He maintains close academic links with the universities of Aalborg (Denmark), Salford and Glamorgan (UK), Poznan University of Technology (Poland), Leipzig Higher School of Technology, Economics and Culture (Germany) and Aachen Technical University (Germany). Member of international organisations. Member of steering and programme committees of many international conferences. Member of editorial boards of some research journals. Author of monographs in Lithuanian, English, German and Russian. Research interests: building technology and management, decision-making theory, automation in design, expert systems.

.....  
**Artūras KAKLAUSKAS.** Doctor Habil, Professor. Dept of Building Technology and Management. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: property@st.vtu.lt

A graduate of Vilnius Civil Engineering Institute (since 1990 Vilnius Technical University), (1984, civil engineer). PhD (1990), Dr Habil (1999). Research visits to Aalborg University (Denmark, 1991), University of Glamorgan (UK, 1993/1995). Author and co-author of 4 monographs and more than 50 papers. Research interests: multiple criteria decision-making, expert systems, total quality management, computer-aided design.

## SENSIBILITÄTSUNTERSUCHUNGEN ZU METHODEN DER MEHRKRITERIELLEN ENTSCHEIDUNGEN

**F. Peldschus**

*Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig*

### 1. Allgemeine Bemerkungen

Untersuchungen zu mehrkriteriellen Entscheidungen werden seit mehr als 30 Jahren mit unterschiedlichen Zielstellungen durchgeführt. Charakteristisch für solche Untersuchungen ist, daß sich die verschiedenen Verfasser immer nur mit speziellen Methoden befassen. Es existieren bis heute noch keine allgemeingültigen Empfehlungen für die Anwendung bestimmter Methoden, und es gibt auch keine Aussagen, wie unterschiedliche Ergebnisse zu interpretieren sind. Deshalb soll mit den folgenden Ausführungen der Versuch unternommen werden, einige Antworten auf solche offenen Fragen zu finden.

Die Grundlage für die numerischen Untersuchungen bildet das von der VGTU Vilnius und der HTWK Leipzig gemeinsam entwickelte EDV Programm LEVI in der Version 3.0.

### 2. Bemerkungen zu LEVI 3.0

Zur Lösung von Aufgaben der mehrkriteriellen Entscheidung werden die Probleme durch eine Matrix beschrieben. Diese enthält Varianten (Zeilen) und Kriterien (Spalten). Alle Varianten werden durch die gleichen Kriterien bewertet. Wenn die Kriterien unterschiedliche Dimensionen haben, was gewöhnlich der Fall ist, ist ihre Wirksamkeit nicht direkt vergleichbar. Aus diesem Grund werden das Verhältnis zum jeweiligen Optimalwert berechnet und die Ergebnisse auf das Intervall  $[0;1]$  oder  $[0; \infty]$  abgebildet.

Für die Transformation der Ausgangswerte sind verschiedene Methoden bekannt. Da die verschiedenen Methoden unterschiedliche Ergebnisse liefern, können die Ergebnisse der Lösung beeinflußt werden.

Ein weiteres Problem ist die Anwendung von verschiedenen Lösungsmethoden. Das Programm LEVI unterscheidet zwischen einer einseitigen oder zweiseitigen

gen Fragestellung. Die einseitige Fragestellung orientiert auf eine Variantenauswahl und die Bestimmung einer optimalen Reihenfolge. Die zweiseitige Fragestellung orientiert auf ein spieltheoretisches Gleichgewicht als Ausdruck eines rationalen Verhaltens von zwei entgegengesetzten Interessengruppen und auf Lösungen für Spiele gegen die Natur [1], [2], [3].

### 3. Numerische Untersuchungen

Für die numerischen Untersuchungen muß man unterscheiden zwischen Maximierungsaufgaben, Minimierungsaufgaben und gemischten Aufgaben. Während man bei den reinen Problemen, das heißt nur Maximierung oder nur Minimierung, noch vermuten kann, daß alle Lösungen mit dem gleichen Fehler behaftet sind, kann es bei gemischten Problemen zu ungewollten Wichtungen kommen, indem entweder die Aussagen der Maximierung oder der Minimierung stärker betont werden.

Betrachtet wird eine Matrix mit drei Varianten und drei Kriterien (Tabelle 1).

**Tabelle 1.** Matrix der Decision

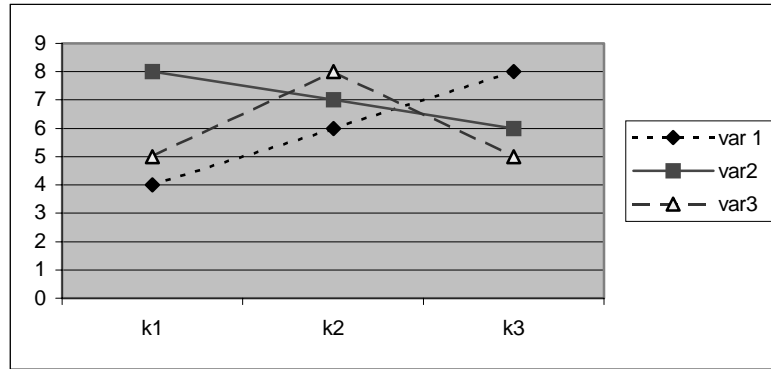
**Table 1.** Decision-making matrix

	K1	K2	K3
Var1	4	6	8
Var2	8	7	6
Var3	5	8	5

Für die betrachtete Matrix ergibt sich folgender Kurvenverlauf (Bild 1).

#### 3.1. Maximierungsaufgaben

Alle drei Kriterien werden maximiert. Die drei Optimalwerte befinden sich in verschiedenen Varianten. Der



**Bild 1.** Grafische Darstellung der Varianten

**Fig 1.** Graphic image of variants

Maximalwert für das Kriterium 1 ist in der Variante 2, für das Kriterium 2 in der Variante 3 und für das Kriterium 3 in der Variante 1 enthalten (Tabelle 1, Bild 1). Für die verschiedenen Transformationen erhält man die nachfolgenden Ergebnisse (Tabelle 2–5, Bild 2–5).

**Tabelle 2.** Vektorwertige Transformation

**Table 2.** Transformation of vectors

	k1	k2	k3
Var1	0,39	0,492	0,716
Var2	0,781	0,573	0,537
Var3	0,488	0,655	0,447

**Tabelle 3.** Transformation nach Jüttler und Körth

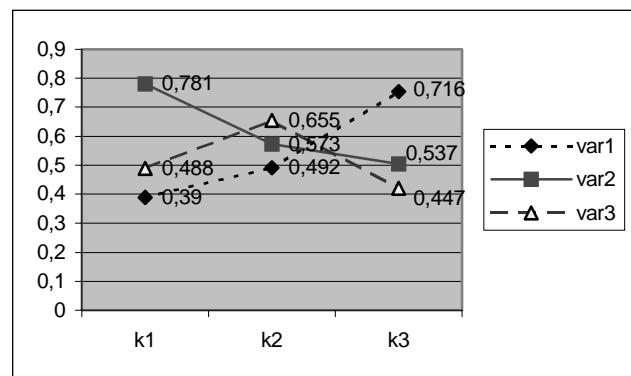
**Table 3.** Transformation by Juttler and Kiorth

	k1	k2	k3
Var1	0,5	0,75	1
Var2	1	0,875	0,75
Var3	0,625	1	0,625

**Tabelle 4.** Lineare Transformation

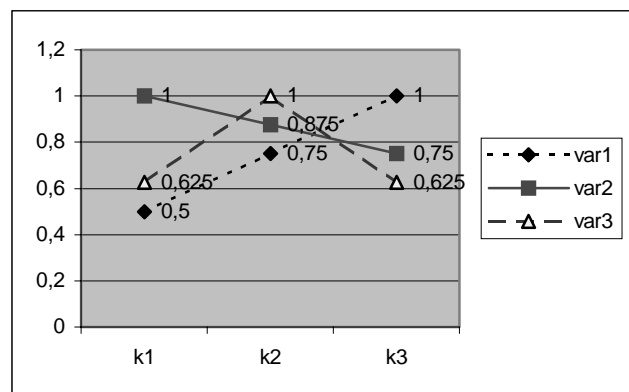
**Table 4.** Linear transformation

	k1	k2	k3
Var1	0	0	1
Var2	1	0,5	0,33
Var3	0,25	1	0



**Bild 2.** Vektorwertige Transformation

**Fig 2.** Transformation of vectors



**Bild 3.** Transformation nach Jüttler und Körth

**Fig 3.** Transformation by Juttler and Kiorth

**Tabelle 5.** Nichtlineare Transformation

**Table 5.** Non-linear transformation

	k1	k2	k3
Var1	0,25	0,563	1
Var2	1	0,766	0,563
Var3	0,391	1	0,391

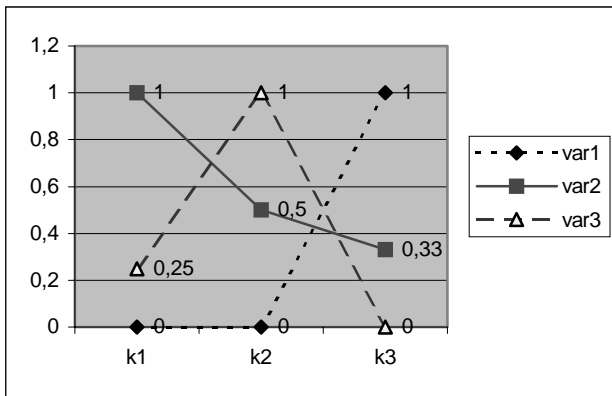


Bild 4. Lineare Transformation

Fig 4. Linear transformation

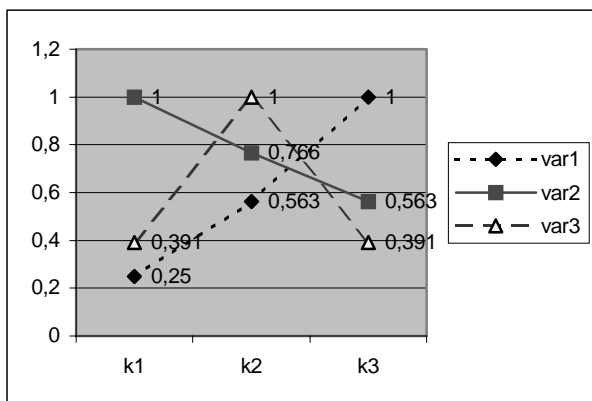


Bild 5. Nichtlineare Transformation

Fig 5. Non-linear transformation

### Ergebnis

Der Kurvenverlauf der verschiedenen Transformationen ist trotz unterschiedlicher numerischer Ergebnisse sehr ähnlich. Die Ergebnisse für die Variantenauswahl nach den verschiedenen Lösungsmethoden weisen relativ geringe Streuungen auf. Auffällig ist das abwei-

Tabelle 6. Ergebnis der Maximierung

Table 6. Results of maximization

	Vektor T	T nach Jüttler	Lineare T	Nichtlineare T
Abstand zum idealen Punkt	1	1	3	1
einfaches Min Max Prinzip	2	2	2	2
erweitertes Min Max Prinzip	2	*)	2	2
Lösung nach Wald	2	2	2	2
Lösung nach Savage	2	2	2	2
Lösung nach Hurwicz RF 0	2	1	1	1
Lösung nach Hurwicz RF 0,5	2	2	2	2
Lösung nach Hurwicz RF 1	2	2	2	2
Lösung nach Laplace	2	2	2	2

\*) Lösung mehrdeutig

chende Ergebnis für die Methode des Abstandes zum idealen Punkt (Tabelle 6).

### 3.2. Minimierungsaufgaben

Alle drei Kriterien werden minimiert. Die Optimalwerte befinden sich teilweise in der gleichen Variante. Der Minimalwert für das Kriterium 1 und 2 ist in der Variante 1 und für das Kriterium 3 in Variante 3 (Tabelle 1, Bild 1).

Tabelle 7. Vektorwertige Transformation

Table 7. Transformation of vectors

	k1	k2	k3
Var1	0,39	0,492	0,716
Var2	0,781	0,573	0,537
Var3	0,488	0,655	0,447

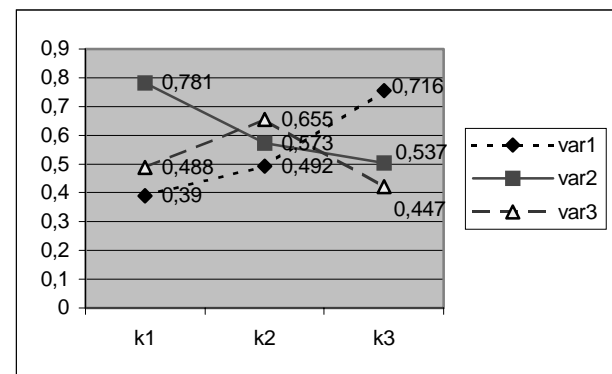


Bild 6. Vektorwertige Transformation

Fig 6. Transformation of vectors

### Ergebnis

Auffällig ist eine Diskrepanz zwischen den Ergebnissen der vektorwertigen Transformation (Tabelle 7, Bild 6) und den anderen Transformationen (Tabelle 8–10, Bild 7–9). Es ist ein gegensätzliches Verhalten festzustellen. Damit ist eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse nicht möglich. Diese Aussage wird bei den Lösungen noch deutlicher. Im Gegensatz zu den Lösungen bei der Maximierung ist bei der Minimierung eine erhebliche Streuung festzustellen (Tabelle 11).



**Tabelle 8.** Lineare Transformation

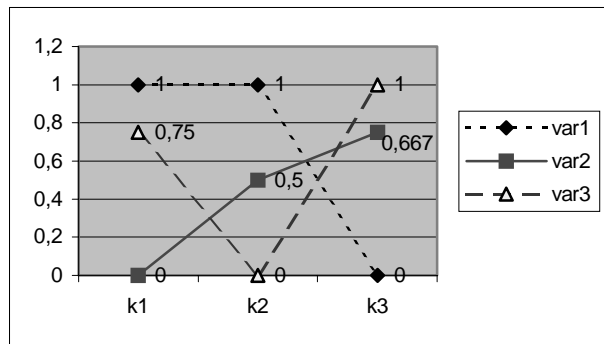
**Table 8.** Linear transformation

	k1	k2	k3
Var1	1	1	0
Var2	0	0,5	0,667
Var3	0,75	0	1

**Tabelle 9.** Transformation nach Jüttler und Körth

**Table 9.** Transformation by Juttler and Kiorth

	k1	k2	k3
Var1	1	1	0,4
Var2	0	0,833	0,8
Var3	0,75	0,657	1



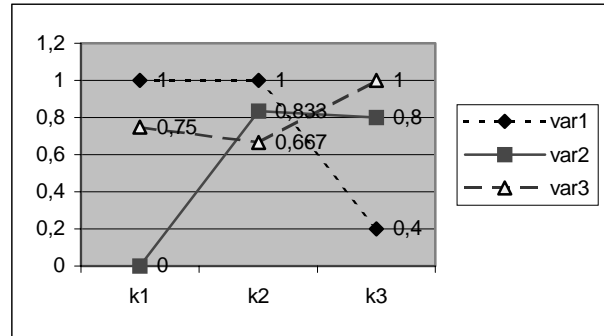
**Bild 7.** Lineare Transformation

**Fig 7.** Linear transformation

**Tabelle 10.** Nichtlineare Transformation

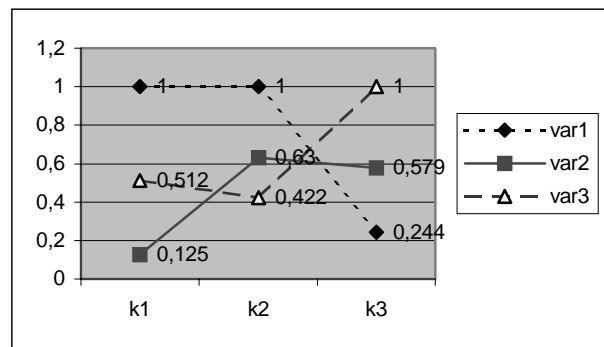
**Table 10.** Non-linear transformation

	k1	k2	k3
Var1	1	1	0,244
Var2	0,125	0,63	0,579
Var3	0,512	0,422	1



**Bild 8.** Transformation nach Jüttler und Körth

**Fig 8.** Transformation by Juttler and Kiorth



**Bild 9.** Nichtlineare Transformation

**Fig 9.** Non-linear transformation

**Tabelle 11.** Ergebnis der Minimierung

**Table 11.** Results of minimization

	Vektor T	T nach Jüttler	Lineare T	Nichtlineare T
Abstand zum idealen Punkt	2	1	3	3
einfaches Min Max Prinzip	2	3	*)	3
erweitertes Min Max Prinzip	2	3	*)	3
Lösung nach Wald	2	3	1	3
Lösung nach Savage	2	3	1	3
Lösung nach Hurwicz RF 0	2	1	1	1
Lösung nach Hurwicz RF 0,5	2	3	1	3
Lösung nach Hurwicz RF 1	2	3	1	3
Lösung nach Laplace	2	3	1	1

\*) Lösung mehrdeutig

#### 4. Gesamtbetrachtung

Die numerischen Untersuchungen haben gezeigt, daß sich die Lösungen in Abhängigkeit vom Optimierungsziel unterscheiden können. Die Streuung ist für Minimierungsaufgaben stärker als für Maximierungsaufgaben. Bei Untersuchungen für gemischte Probleme, das heißt einige Kriterien werden maximiert und einige Kriterien werden minimiert, ergibt sich auch keine andere Aussage [4].

Bei den betrachteten Transformationsformeln ist die vektorwertige Transformation

als „neutrale“ Transformation zu werten, da sie ohne die Kenntnis des Optimierungszieles erfolgt. Das Optimierungsziel wird erst beim Lösungsverfahren zum Beispiel – Abstand zum idealen Punkt – berücksichtigt. Aus diesem Grund macht es keinen Sinn, diese Transformation in einen allgemeinen Vergleich einzubeziehen.

Die Abweichungen den Lösungen bei der linearen Transformation besonders bei der Minimierung sollten noch genauer untersucht werden. Sicher spielt hier auch die bereits kritisierte Instabilität der transformierten Ergebnisse eine Rolle.

Es bleibt also weiteren zielgerichteten Untersuchungen vorbehalten, diese und weitere offene Fragen zu klären.

## Literatur

1. F. Peldschus. Levi 3.0 – Ein Programm für mehrkriterielle Entscheidungen // 7. Deutsch-Litauisch-Polnisches Kolloquium 15. –17.09.1999, HTWK Leipzig Podium Sonderheft 2/2000, S. 29–31.
2. D. Messing. Erarbeitung eines EDV-Programms für mehrkriterielle Entscheidungen. Diplomarbeit HTWK, Leipzig, Fachbereich Bauwesen, 2000.
3. F. Peldschus, E. Zavadskas. Matrix games in building technology and management (in Lithuanian). Vilnius: Technika, 1997. 134 S.
4. B. Schütze. Sensibilitätsuntersuchungen zu Methoden mehrkriterieller Entscheidungsaufgaben. Diplomarbeit HTWK, Leipzig, Fachbereich Bauwesen, 2000.

Įteikta 2001 04 22

## DAUGIAKRITERINIŲ VERTINIMO METODŲ JAUTRUMO TYRIMAI

### F. Peldschus

#### Santrauka

Daugiakriterinių vertinimų tyrimai įvairiais tikslais atliekami daugiau kaip 30 metų, tačiau iki šiol nėra bendrųjų taisyklių, kaip taikyti daugiakriterinius vertinimo metodus ir kaip interpretuoti jų rezultatus. Todėl būtina ieškoti atsakymų į šiuos klausimus.

Tyrimų pagrindą sudaro VGTU kartu su Leipzigo HTWK sukurta programa LEVI. Daugiakriteriniam uždaviniui spęsti sudaroma matrica, kurioje visi sprendimų variantai įvertinami pagal tuos pačius kriterijus. Pradiniams duomenims transformuoti taikomi įvairūs metodai, be to, uždavinio sprendimas gali būti orientuotas į varianto parinkimą ir optimalaus eiliškumo nustatymą arba į dviejų priešingų suinteresuotų grupių racionalaus elgesio pusiausvyros nustatymą.

Skiriami maksimizavimo, minimizavimo ir mišrūs uždaviniai. Sprendžiant maksimizavimo uždavinį skirtingais transformavimo metodais gaunamos panašios kreivės ir sprendimo rezultatai nelabai išsibarsto. Minimizavimo atveju pastebimas spren-

dimo pagal skirtingas transformacijas rezultatų žymus nukrypimas. Be to, tyrimai parodė, kad sprendimai gali skirtis priklausomai nuo optimizavimo tikslo. Rezultatų išsibarstymas minimizavimo atveju didesnis nei maksimizavimo. Vektorinė transformacija nagrinėjant įvairias transformacijas traktuojama kaip „neutrali“ ir nėra prasmės jas įtraukti į palyginimą. Minimizavimo uždavinio atveju tiesinės transformacijos turėtų būti geriau ištirtos.

## RESEARCH ON THE SENSITIVITY OF MULTI-CRITERION EVALUATION METHODS

### F. Peldschus

#### Summary

Investigations into the multi-criterion evaluations have been performed for different purposes for more than 30 years. Nevertheless, up to now there are no common rules how to apply multi-criterion methods of evaluation and how to interpret their results. But the solutions of the problem must be found.

The investigations are based on the joint programme LEVI developed by the VGTU and the Leipzig HSTEC. In accordance with the programme, for solving the problem a matrix is created in which all solution variants are evaluated by the same criteria. For the transformation of initial data different methods are used. Besides, the problem solution may be oriented to a choice of a variant and the determination of an optimal sequence or to the determination of the rational behaviour balance of two adversely interested groups. The maximisation, minimisation and mixed problems are distinguished. In case of the last mentioned problems the meanings may be unsuitable and expressions about the maximisation or minimisation too strong.

When solving the problem of maximisation by different transformation methods, similar curves are obtained and the results are not dispersed heavily. In case of the minimisation, when solving according to different transformations, a considerable deviation of results has been noticed.

The investigations also disclosed that solutions may vary depending on the optimisation goal. Dispersion of results in case of minimisation is stronger than in case of maximisation. When analysing different transformations, the vectorial transformation is regarded as “neutral” and there is no sense to include it into comparison. In case of the minimisation problem, linear transformations should be investigated in a more detailed way.

.....  
**Friedel PELDSCHUS.** Doctor Habil, Professor, Dr honoris causa of Vilnius Technical University. Dept of Civil Engineering and Building Construction, Leipzig University of Applied Science. E-mail: peldschu@fbb.htwk-leipzig.de

F. Peldschus studied building construction, welding and data processing at Leipzig Building School. He has defended the theses of Dr Engin and Dr Habil Techn, both of them deal with the application of the game theory to building technology problems. Author of 55 publications. Research interests: optimization of planning, multicriteria solutions and building processes.

## PHENOMENON OF INERTIA IN CONSTRUCTION INDUSTRY

**O. Kapliński**

*Poznań University of Technology*

### 1. Introduction

The paper deals with cases of risk in construction industry. We know, the realization of production processes, especially in the construction industry, very often occurs under random (stochastic) conditions, which considerably lowers their efficiency and introduces an element of risk in planning of their performance. Of course, the nature of risk has also many aspects, which are well described by Paslawski [1] and Kapliński [2]. This problem was also estimated by many authors, for example, by Zavadskas [3] and Bizon-Górecka [4]. Aspects of the construction economics field are presented by Rutkauskas [5], Tamošiūnienė [6], Ye and Tiong [7]. New analytical approaches are described in [8], [9]. Miłosz designed an interesting method of digital simulation [10]. In order to analyze these aspects further, a system mapping is usually carried out. For this purpose, elements of the theory of reliability, among others, are employed. The application of so-called inertia is very interesting from the theoretical and practical point of view. The paper analyses the influence of the effect of inertia on the reliability of production systems.

### 2. Problem position

The traditional use of the probability

$$[P(T > t) = e^{-\lambda t}].$$

of disruptions or the probability that the realization time  $t$  will be kept is insufficient to the needs of engineering practice. Also, the investigation of a production system's efficiency by means of the queue theory (service systems) and simulation does not solve all the problems faced by a manager. Such notions as, eg, efficiency of action, costs, mechanization, technological processes are closely connected with the reliability

of production. Increased demand in this respect, especially currently, implies the use of adequate methods for determining the reliability of processes which form the production process. An unsatisfactory level of applying reliability theory in the construction industry is due to several reasons:

Firstly, to the unique character of construction production, the complexity of these processes, various connections between them and the environment.

Secondly, to analytical difficulties and a small degree to which reliability and efficiency are connected.

The increase of production systems reliability may be obtained through two basic operations:

1. the application of adequate redundancy (ie, adding reserve elements to the system),
2. the application of the so-called inertia (series time-lag).

The paper analyses the influence of the effect of inertia on the reliability of production systems.

### 3. The nature of inertia

Systems inertia represents the phenomenon of continuing work for some time after the breakdown of one of the former phases. In our considerations, inertia is treated as the time elapsed from the onset of breakdown till the system's inability to work. Physical representations of inertia in production systems include: storage yards, tank/containers, warehouses or even organizational solutions such as complex work crews which allow the system to continue work for some time; the latter is dependent on their size (defined in pieces, cubic meters, square meters, etc).

Results obtained during theoretical studies and observation of production processes in [11–21] permitted us to formulate the following thesis: the effect of inertia is an effective factor increasing the reliability of

production systems. The phenomenon of inertia is intuitively identified by practitioners but has not been described and examined.

#### 4. Method of reliability analysis

An analysis of these reasons helps to precisely define another approach to the evaluation of production system reliability. The prerequisites are considered in [16, 17, 19, 20].

Decomposition and synthesis of the system are very important elements of the method. The notion of systems reliability is expanded: apart from inefficiency resulting from the breakdown of machines and equipment, there is also inefficiency caused by improper functional structure, organizational factors, absenteeism, decreased workforce efficiency, shortages in material supplies etc.

Distribution of the ability time and distribution of the total work time of the system, determined on the basis of the distributions of ability and disability times of constituent elements of the system (or phases) determined during simulation are measures of reliability.

A programmed model of a production system (working as a simulator) is an investigation instrument. A model is a two-state one with a series structure. The structure of the programme is oriented to events of changes of both a phase state and a systems state. The actual version is programmed in GPSS language (cf, Miłosz in [10]). The simulator has been verified using three methods: statistical comparison of results with theoretical data, comparison with another simulation programme, and comparison of a simulator generated distribution with theoretical and empirical ones.

Investigations were carried out in numerous prefabrication plants and the following phenomena have been discovered:

- a variety of functional structures,
- the validity of the thesis about the series formulation of reliability structure with its variant solution of individual phases as subsystems,
  - work time distributions and the non-functioning of mechanical devices near the exponential distribution,
  - distributions of shortages of raw materials are symmetric (rectangular and normal).

Generally, a synthetic reliability model of a plant is fairly complex and individual analysis, due to a great number of elements (phases), is impossible.

The examples of simulation investigations of subsystems has been presented in [11–13, 14–17, 21].

#### 5. Possibilities of increasing reliability of production systems

The above-mentioned increase of production systems reliability may be obtained through two basic operations: adding reserve elements to the system (ie, adequate redundancy), the application of the so-called inertia.

The phenomenon of inertia often occurs in concrete prefabrication and rarely gets recognition as an excellent way of increasing reliability.

In order to compare both ways (redundancy and inertia) the work of a five-phase, series system, with different distribution of work and breakdowns but with identical mean values, eg, a work time of 150 time units, was analyzed. The results are presented in Fig 1.

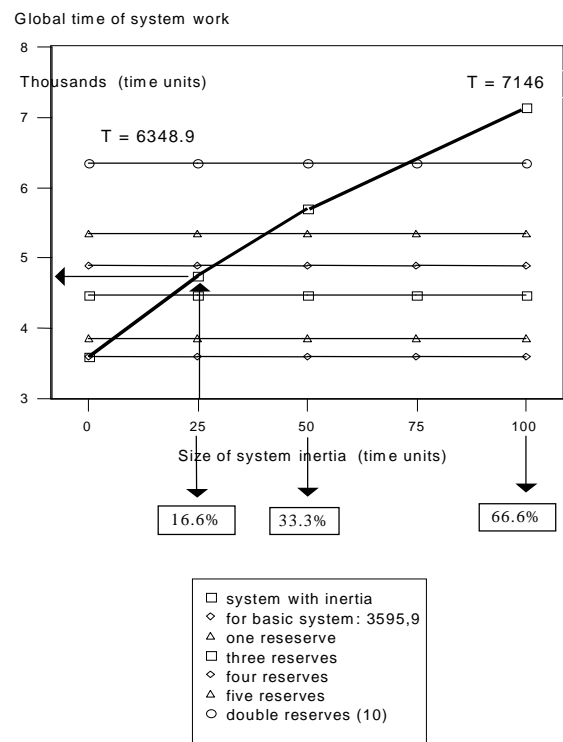


Fig 1. Comparison of the redundancy method and inertia method

The horizontal lines indicate the value of the system's global work time with a different number of redundancies (from 1 to 10). The oblique line indicates the system with inertia. Notice that only a 16% inertia (in relation to the mean work time of the phase) gives

almost identical effects as the system with three redundancies.

## 6. Simulated investigations of the inertia influence on the system reliability

The results of this comparison encouraged further research. Simulated investigations of the influence of inertia on the reliability of a system were aimed at investigating the qualitative and quantitative influence of phase inertia on the system's reliable characteristics. The investigation results are as follows [21]:

**Investigation 1:** for a 4-phase system, ability of each phase  $N(5,1)$ , disability of each phase  $W(1)$ , inertia (2 time units) is placed (in succession) in phase 1, 2 or 3 (where:  $N$  – normal distribution,  $W$  – exponential). Conclusion: when inertia approaches the last phase in the system, its influence on the shape of the distribution of the system's ability increases (the distribution changes from exponential – inertia equals zero – to nearly normal).

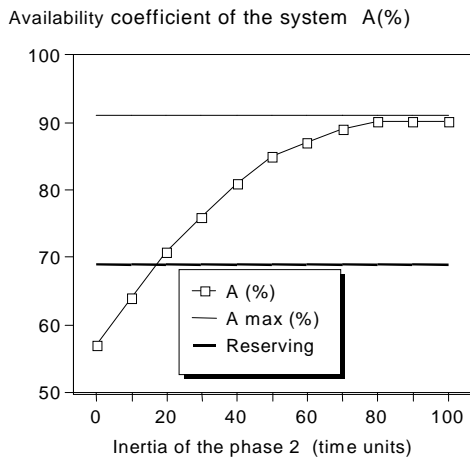


Fig 2. Dependence of the availability coefficient of the system on the inertia value in phase No 2

**Investigation 2:** for a 3-phase system, ability of each phase  $N(150, 75)$ , disability of phase  $N(50,25)$ .

Conclusions (cf, Fig 2):

- an increase in inertia causes an increase in the availability of the system which approaches a certain border value,
- investigations with the use of reserve elements revealed ineffective use of more than one reserved element,
- limited possibility of increasing the availability coefficient when reserving is used,

– an increase in the system's availability is of an exponential character when inertia increases.

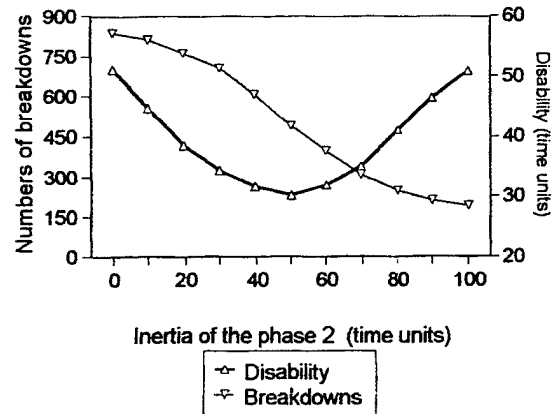


Fig 3. Dependence of the average time of a system's disability and the number of breakdowns on inertia in phase No 2

**Investigation 3:** system settings as in the investigation 2.

Conclusion (cf, Fig 3): dependence of the average of a system's disability on inertia has a saddle-like character whereas dependence of the number of breakdowns (stoppages) in the system has the nature of an S-curve. Comment: inertia levels all disruptions which occurred at an earlier phase; later, there is saturation.

**Investigation 4:** for a 5-phase system, ability  $N(5,1)$ , disability  $W(1)$  with the same phases. Conclusions (cf, Fig 4):

– the effectiveness of using inertia to improve the availability (reliability) of a system depends on the place in the system's reliability structure in which it was taken into account. The closer the inertia to the end, the greater its influence on reliability. Possibly, in this way, one can explain the observed increased pace of work during the last stages of construction work. At that time, focus is put on the last contractor. This is a more or less analogous situation to investigation 4, but is confirmed by the probability analysis of the finishing date of construction activities using the PERT method.

## 7. Implementation

The results (mentioned above) of theoretical findings with respect to the influence of inertia on the system's reliability were applied to a unique situation, in the "PREFABET" plant by Zakrat [21]. Production of small size cellular concrete elements was consid-

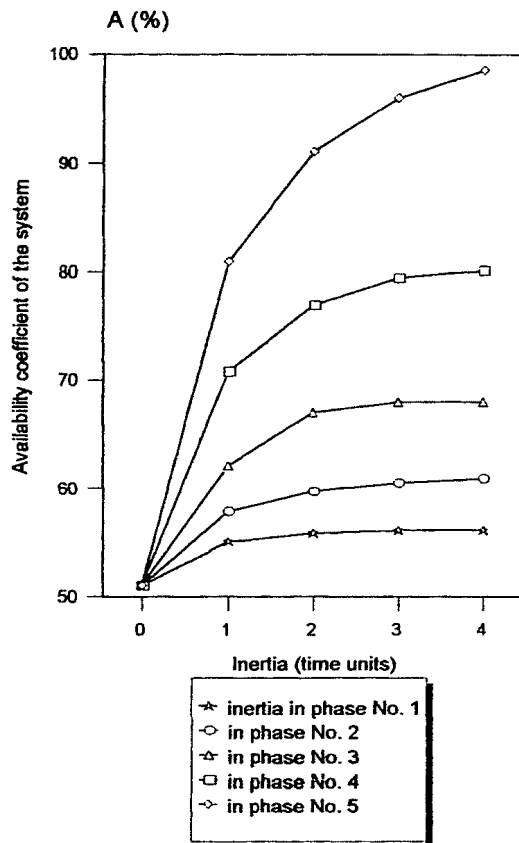


Fig 4. Dependence of the availability coefficient of a 5-phase system on changes of inertia location in the system's structure

ered. The implementation of inertia proved very effective:

- instead of one reserve element, inertia in the order of 25% of the average time of an element's breakdown was sufficient;
- the use of inertia helped to obtain higher availability coefficients than the use of reserve elements.

Following an analysis of inertia in the plant's departments, it turned out that there was an opportunity for increasing inertia existing in production subsystems. For example:

- An inertia increase of the finished products store-site in subsystem PS-5 by up to 180 m<sup>2</sup> caused the reliability of the subsystem to approach one.
- Moreover, taking into account the increase in inertia in the transitory cement tank, when simulating a production system, an availability coefficient of 0.999 was obtained, ie, following proposed modernization of the production system an increase in reliability by 17% was obtained.

New theoretical discussions in this field of knowledge are presented in [22]. It is apparent that the inertia phenomenon rarely gets recognition as an excellent way for increasing reliability. A manager may also take into account the economic aspect of maintaining reliability at a specific level. He has to take into account technological requirements (eg, the number of redundant elements, the quantity of the required inertia), and, simultaneously, the effect in the form of the system's global work time. Depending on the cost structure of technical solutions mentioned above, he may select the most rational action. However, information on the influence of these solutions on the reliability of systems can only be gained through implementation of the proposed method and use of the simulator.

The author's experience proves that, from the formal point of view, simulation-heuristic procedures are most useful in the optimization mentioned above (ie, control of reliability).

The problem of control is placed in determining number  $X_i (i=1,2,\dots,n)$  of reserve elements in the  $i$ -th phase or determining quantity  $Y_i (i=1,2,\dots,n)$  of inertia units in the  $i$ -th phase which are to maintain the desired level of reliability at minimal costs of redundancy or inertia generation. The simulation-heuristic procedure is described in [11, 19, 22].

## 8. Remarks

The presented method of investigating and evaluating reliability and the simulator may be used not only in the construction industry, but also for analysis of other systems with recuperation. Both methods explain the mechanism of formation and influence of disruptions during production. They may even be used to analyze bad organizational structures. They will point out, then, those places which hinder production.

These methods like queue theory and service systems are preferred in cases of analyzing uniform production means, whereas the method presented in this paper (reliability) pertains to cases when the production system is simultaneously affected by a number of various factors – such as, for example, an organizational structure varying efficiency, when various production means occur and also when there is a shortage of them at different periods, when breakdowns occur, and when there is a shortage of workforce, etc.

## References

1. J. Paślowski. Some aspects of risk management in construction industry // Proc. 1ers Ateliers de recherche sur le risque en marketing. Universite Paris 1, 2000, p. 30/251–42/251.
2. O. Kapliński. Modelling of construction processes. A managerial approach. KILiW PAN, Warsaw, 1997, 175 p.
3. E. K. Zavadskas. Zusammenhang zwischen der Mehrzweckselektierung und der Zuverlässigkeit im Bauwesen // Statyba, 1996, Nr. 2(6), S. 23–26.
4. A. Bizon-Górecka. Metodyka zarządzania ryzykiem w produkcji budowlanej. ATR Press, Bydgoszcz, 1998 (Serie 89).
5. A. V. Rutkauskas. Computerized imitative technologies for risk and return trade-off // Proc. Zarządzanie ryzykiem w przedsiębiorstwie. Ciechocinek – Bydgoszcz, 1999, p. 115–140.
6. R. Tamošiūnienė. Rizikos analizės reikšmė statybos investiciniams projektams // Statyba, Vol V, Nr. 1, 1999, p. 59–67.
7. S. Ye, R. Tiong. NPV-at-risk method in infrastructure project investment evaluation // J. Constr. Engrg. and Mgmt. ASCE, No.2000, p. 227–233.
8. R. Thomas, V. Sanvido. Role of the fabricator in labor productivity // J. Constr. Engrg. and Mgmt. ASCE, No 5, 2000, p. 358–365.
9. O. Faniran, P. Love, H. Li. Optimal allocation of construction planning resources // J. Constr. Engrg. and Mgmt. ASCE, No 5, 1999, p. 311–319.
10. M. Miłosz. Badanie i ocena niezawodności systemów produkcyjnych w budownictwie // O. Kapliński (Editor). Informatyka stosowana w inżynierii produkcji budowlanej. Poznań: Poznań Univ. of Technology Press, 1996, p. 145–165.
11. E. Borucka. Metodyka badania i oceny niezawodności systemu produkcyjnego na przykładzie prefabrykacji betonowej. Ph.D.-Thesis / Poznań Technical Univ., Poznań, 1982.
12. R. Gruszeczek. Badania niezawodności produkcji wełny mineralnej w zakładach IZOLACJA w Cigacicach. MSc-Thesis / Poznań Univ. of Technology, IKB, Poznań, 1993.
13. M. Przysańska. Badania niezawodności produkcji w Poznańskim Kombinacie Budowlanym. MSc-Thesis / Poznań Univ. of Technology, IKB, Poznań, 1986.
14. R. Tarnicki. Badania niezawodności zmodernizowanej linii produkcyjnej wełny mineralnej ROCKWOOL w Cigacicach. M.Sc.-Thesis / Poznań Univ. of Technology, IKB, Poznań, 1995.
15. T. Tylec. Analiza struktur niezawodnościowych ciągów produkcyjnych na przykładzie Zakładu Produkcji Prefabrykatów w Poznańskim Kombinacie Budowlanym. MSc-Thesis / Poznań Univ. of Technology, IOZ, Poznań, 1981.
16. O. Kapliński. Efficiency and reliability of the systems in the stochastic conditions // Project Management – INTERNET'85, Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland), 1985, 2, p. 835–842.
17. O. Kapliński. Some methodological problems of estimation of reliability of building processes. // Managing Construction Worldwide, Vol 2, London, E.&F.N.Spon, 1987, p. 767–777.
18. O. Kapliński. Die Ausnutzung der Simulationstechnik zur Untersuchung und die Steuerung der Zuverlässigkeit von Produktionsprozessen im Bauwesen // Informatik-Fachberichte, Band 109: Simulatiostechnik. Springer-Verlag, 1985, S. 517–521.
19. Report (No. 64-061/81) of Poznań University of Technology: Projektowanie ciągów technologicznych w budownictwie z uwzględnieniem badań niezawodności i analizy zjawisk równowagi. Stage I-III, Poznań, 1981–1983.
20. Report of Poznań Univ. of Technology, IOZ, Metody automatyzacji kierowania i sterowania procesami technologicznymi w budownictwie. Stage I-II, Problem Nr. 1.11.01.4 of PAN and MNSzWiT, Poznań, 1979–1980.
21. S. Zakrat. Wpływ bezwładności na niezawodność systemów technicznych na przykładzie produkcji materiałów budowlanych. Ph.D.-Thesis / Poznań Univ. of Technology, Poznań, 1992.
22. O. Kapliński, M. Miłosz. Reliability of complex production systems // Civil Engineering Systems, Vol 13, 1995, p. 61–73.

## Acknowledgments

This research was partially sponsored by Poznań University of Technology Grant BW 11-042/2001 and DS. 11-022/2001.

Įteikta 2001 04 25

## STATYBOS PRAMONĖS INERTIŠKUMO FENOMENAS

### O. Kapliński

#### Santrauka

Straipsnyje nagrinėjama inercijos įtaka gamybos sistemų patikimumui. Sistemos inercija apibūdina darbų tęstinumo reiškinį, kai ankstesniu etapu įvyko avarija. Autoriaus nuomone, inercija gali būti apibūdinama kaip laikotarpis nuo sistemos avarijos momento iki momento, kai sistema pradeda veikti.

Sukurtas inercijos efekto įvertinimo metodas ir sudarytas algoritmas tam, kad būtų galima kontroliuoti gamybos sistemos patikimumą. Patikimumo analizės metodas pateiktas tik pranešimų aspektu. Taip pat pateiktos gamybos patikimumo sistemų tobulinimo galimybės. Lyginami perteklinis ir inercijos metodai. Šio palyginimo rezultatai ir inertiškumo poveikis sistemos patikimumui ir sudaro šio straipsnio esmę. Pagrindinės išvados: kai inertiškumas artėja prie sistemos paskutinės fazės, jo poveikis sistemai didėja; inertiškumo didėjimas sukelia sistemos pokyčius, kurie artėja prie tam tikros reikšmės; sistemos trukdžių vidurkio įtaka inertiškumui apibrėžiama balno formos priklausomybe, tuo tarpu įtaka nuo trukdžių kiekio inertiškumui apibrėžiama S formos priklausomybe.

.....  
**Oleg KAPLIŃSKI.** Professor. Head of the Chair of Construction Engineering and Management. Poznań University of Technology, Piotrovo 5, 60-965 Poznań, Poland. E-mail: Kapleg@sol.put.poznan.pl

Author and co-author of 140 papers, articles and books. Member of Ukrainian Building Academy. Doctor honoris causa of Vilnius Gediminas Technical University. Member of Civil Engineering Committee of Polish Academy of Sciences. Chairman of the Division of Construction Management in this Committee. Research interests: organization and modelling of construction processes.

## DIE UMSETZUNG DER RICHTLINIEN 92/57/EWG DES EU-MINISTERRATES IN DEUTSCHLAND

R. Seeling

*Institut für Planungsverfahren im Baubetrieb, Aachen*

### 1. Einleitung

Der EU-Ministerrat hat für die Mitgliedsstaaten am 24. Juni 1992 die Richtlinien 92/57/EWG mit Mindestvorschriften für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz auf zeitlich begrenzten und ortsveränderlichen Baustellen erlassen. Nach der EU-Rechtsprechung hatte diese mit Ablauf der Umsetzungsfrist ab 1.1.1994 unmittelbar Gültigkeit für die öffentlichen Bauvorhaben. Um die Anwendung auch im privatrechtlichen Bereich sicher zu stellen, wurde am 10. Juni 1998 eine nationale Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen (Kurzbezeichnung „Baustellenverordnung“), vom Bundesrat verabschiedet, eben diese Baustellenverordnung, die am 1. Juli 1998 in Kraft trat.

Der Arbeits- und Unfallschutz hat in Deutschland eine lange Tradition und beruht auf einer Zwangsmitgliedschaft der Baufirmen in einer der beiden Bauberufsgenossenschaften als Selbsthilfeeinrichtungen der Bauwirtschaft. Dieser Arbeitsschutz soll durch die neue Baustellenverordnung nachhaltig verbessert und auf eine breitere Grundlage gestellt werden:

Bisher hatte der Auftraggeber mit dem Auftrag jegliche Verantwortung für die anschließende Ausführung auf die Bauunternehmer übertragen; jetzt soll er dagegen im Rahmen gewisser Pflichten Mitverantwortung tragen. Dies erfordert natürlich zusätzliche Experten, die z.B. den unerfahrenen Bauherren ihre Dienste gegen Honorar zur Verfügung stellen, als sogenannte „Baukoordinatoren“.

Die Ziele des Gesetzgebers lassen sich in vier Punkten zusammenfassen:

- Reduzierung der Unfälle,
- Verbesserung des Gesundheitsschutzes,
- Integration der Sicherheitsaspekte in die Planung und Ausschreibung vor der Auftragsvergabe,

- Einbeziehung des Bauherrn in die Sicherheitsverantwortung,

Zu diesen vier bedeutsamen Bereichen wird nachfolgend näher ausgeführt.

### 2. Die Tich der Baurstellenverordnung und ihre Betrochtung

Die Bauwirtschaft beschäftigt etwa 10% der gewerblichen Arbeitnehmer in Deutschland. Wir registrieren aber sowohl bei den leichten wie bei den tödlichen Unfällen 2,5mal so viele Unfälle.

Die Unfallursachen sind in einer EG-Untersuchung von 1993 näher aufgeschlüsselt; danach stehen die Stürze und Abstürze mit 38% an erster Stelle.

Soweit in Deutschland bereits Schutzbestimmungen bestanden (z.B. die Arbeitsstättenverordnung, Arbeitsstättenrichtlinien, Druckluftverordnung, Unfallverhütungsvorschriften, Bauordnungen der Bundesländer usw.) bleiben diese weiterhin unverändert wirksam und werden durch die neuen Vorschriften ergänzt.

#### 2.1. Verbesserung des Gesundheitsschutzes

Zahlreiche physische Belastungen führen auf die Dauer zu gesundheitlichen Schädigungen bei den Bauarbeitern:

- extreme Temperaturen,
- Lärm,
- Transport schwerer Lasten ohne Hilfsmittel,
- Mehrfachbelastungen wie körperliche Zwangshaltung in Verbindung mit Feuchtigkeit, Kälte, Lärm oder schlechter Luft,
- Umgang mit Gefahrstoffen, wie z.B. Lacke, Kleber, Fugenfüller, Asbest.

Gesundheitliche Beeinträchtigungen schlagen sich im erhöhten Krankenstand, in längeren Fehlzeiten und



**Tabelle 1.** Unfälle in der Deutschen Wirtschaft (Berufsgenossenschaften 1997)

**Table 1.** Accidents in Germany (Association of bussinesmen 1997)

	<b>Bauwirtschaft</b>	<b>Gewerbliche Wirtschaft</b>	<b>Index</b>
Vollarbeiter	3 240 621	31 276 900	10,4%
Angezeigte Arbeitsunfälle	321 958	1 266 458	25,4%
Unfallhäufigkeit (Unfälle pro 1000 Vollarbeiter)	99	40	247,5%
todliche Arbeitsunfälle	300	1 120	26,8%
Kosten für Renten (Verletzte und Hinterbliebene)	1,8 Mrd. DM	9 Mrd. DM	20%

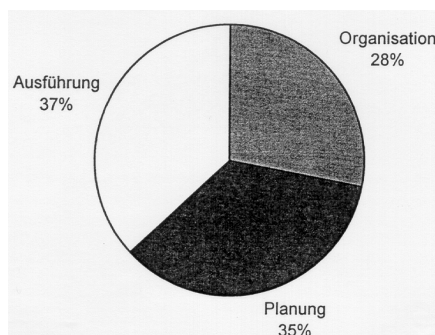
**Tabelle 2.** Hauptarten schwerer Unfälle auf Baustellen (EG Luxemburg 1993)

**Table 2.** The main kinds of accidents in construction sphere (EU, Luxembourg 1993)

• Stürze aus großer Höhe und sonstige Stürze	38%
• Transportvorgänge, Baustellenfahrzeuge und -maschinen	19%
• Einstürze oder Zusammenstürze mit Massen in Bewegung	14%
• Herabfallende Gegenstände, Materialien und Strukturen	10%
• Elektrischen Schlag	8%
• Ersticken, Ertrinken	4%
• Brande, Explosionen	3%
• Sonstiges	4%

schließlich sogar in einem früheren Ausscheiden aus dem Berufsleben nieder.

Die Lebens- und Arbeitsbedingungen auf den Baustellen sollen daher durch die neue Baustellenverordnung nachhaltig verbessert werden. Derzeit sind in Deutschland etwa 50% der Bauarbeiter mit 54 Jahren berufs- und erwerbsunfähig.



**Bild 1.** Ursachen tödlicher Unfälle auf Baustellen (EG Luxemburg 1993)

**Fig 1.** The main reasons of death in construction sphere (EU, Luxembourg 1993)

Durch die Baustellenverordnung werden Mindeststandards verlangt, und die EG-Richtlinie wird nach und nach in den EG-Ländern eine Vereinheitlichung der bisher unterschiedlichen Bedingungen herbeiführen.

## 2.2. Einbeziehung der Planungsphase

Die EG hat durch ihre Ursachenforschung bei den tödlichen Baustellenunfällen herausgefunden, daß über 1/3 ihren Ursprung in der Planungsphase habe.

Will man wirksam eingreifen, so muß man bereits in der Planung und Ausschreibung eingreifen: Die verschiedenen Gewerke sind aufeinander abzustimmen, Gerüstbau und Absturzsicherungen müssen nach verlässlichen und einheitlichen Vorschriften erfolgen; nichts darf dem Zufall oder gar dem Arbeiter überlassen werden (der hat möglicherweise nur seinen Akkord im Sinn).

Also muß „Koordination“ schon vor der Auftragsvergabe stattfinden, und zwar durch einen vom Bauherrn wirtschaftlich unabhängigen Baustellenkoordinator mit entsprechender fachlicher Qualifikation. Dieser ist für den Bauherrn tätig und muß folglich auch von ihm

honoriert werden (wie jeder Planer sonst auch). Bei einer schlüsselfertigen Vergabe gehen diese Pflichten allerdings auf den Generalunternehmer über, weil Planung, Organisation und Ausführung dort konzentriert sind. Der Generalunternehmer übernimmt die Bauherrenfunktionen gegen Entgelt.

### 2.3. Die Verantwortung des Bauherrn

Viele Bauherren, die nicht ständig bauen, müssen sich ganz auf ihre Planer und Berater verlassen, weil sie selbst keine Experten haben. Während sie sich bisher ganz vom Baugeschehen ausblenden konnten, erhalten sie jetzt vom Baustellenkoordinator den SiGe-Plan (Sicherheits- und Gesundheitsplan) sowie dessen Berichte über die Koordination. Damit haben die Bauherren gewisse Grundinformationen, die ggf. Anlaß zum Einschreiten sind. Wegsehen bei Mißständen in punkto Sicherheit und Gesundheit würde Mitschuld bedeuten, also wird man folgenschwere Mängel unverzüglich abstellen oder zur Beseitigung beitragen. Damit wird eine Schwachstelle der bisherigen Rechtslage

abgebaut, was einen Rückgang der Unfälle und Gesundheitsschäden bewirken wird.

### 3. Der SiGe-Koordinator

Die Maßnahmen für Sicherheit und Gesundheitsschutz hat der Bauherr zu treffen (§4 BstVO), es sei denn, er beauftragt einen Dritten mit dieser Aufgabe. Das ist der SiGe-Koordinator. Dieser wird zwar in eigener Verantwortung tätig, aber er hat seinen Auftraggeber ständig zu informieren, so daß dieser mitverantwortlich bleibt und bei Fehlern oder Unfällen mit zur Rechenschaft gezogen werden kann.

Ein Koordinator wird benötigt bei Projekten mit mehreren Firmen oder mehr als 30 Arbeitstagen oder mehr als 20 Beschäftigten bzw. mehr als 500 Personentagen. Die weiteren Einzelheiten gehen aus der Tabelle von tabelle 3 hervor.

#### 3.1. Die Qualifikation des Koordinators

Wenn die verlangte Qualifikation zu hoch angesetzt wird, würde Mangel an Koordinatoren herrschen, wenn sie niedrig angelegt würde, wird die geplante Wirkung

**Tabelle 3.** Auflagen gemäß Baustellenverordnung (Anlage 4 der Erläuterungen)

**Table 3.** The permission based on the construction decree

Baustellen – bedingungen		Berücksichtigung allg. Grundsätze nach 4 ArbSchG bei der Planung	Vorankun- digung	Koordi- nator	SiGePlan	Unterlage (3 Abs. 2 Nr.3)
Arbeitnehmer	Umfang und Art der Arbeiten					
Eines Arbeitgebers	Kleiner 31 Arbeitstage und 21 beschäftigte oder 501 personentage	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
Eines Arbeitgebers	Kleiner 31 Arbeitstage und 21 beschäftigte oder 501 personentage und gefährliche Arbeiten	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
Eines Arbeitgebers	Grober 30 arbeitstage und 20 beschäftigte oder 500 personentage	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein
Eines Arbeitgebers	Grober 30 arbeitstage und 20 beschäftigte oder 500 personentage und gefährliche Arbeiten	ja	Ja	Nein	Nein	Nein
Mehrerer Arbeitgeber	Kleiner 31 Arbeitstage und 21 beschäftigte oder 501 personentage	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja
Mehrerer Arbeitgeber	Kleiner 31 Arbeitstage und 21 beschäftigte oder 501 personentage jedoch gefährliche Arbeiten	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
Mehrerer Arbeitgeber	Grober 30 arbeitstage und 20 beschäftigte oder 500 personentage	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Mehrerer Arbeitgeber	Grober 30 arbeitstage und 20 beschäftigte oder 500 personentage und gefährliche Arbeuten	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

nicht eintreten. Nach dem gegenwärtigen Stand werden ein Examen als Bauingenieur oder Architekt sowie fünf Berufsjahre und ein staatlich anerkannter Zusatzlehrgang verlangt. Ob dies ausreicht, wird die Zukunft zeigen.

### 3.2. Die Aufgabenfelder des Koordinators

Der Koordinator kann für die Phasen:

- Planung (Phase I)
- Ausführung (Phase II)
- Nutzung (Phase III)

bestellt werden. Da Planung und Ausführung verzahnt sind und parallel ablaufen, muß hierfür eigentlich die gleiche Person eingesetzt werden. Nur die Integration von Planung und Ausführung kann Fortschritte im Unfallgeschehen bewirken.

Die Leistungsphase III dagegen ist nicht substantiell und könnte genau so gut vom Facility Management erbracht werden.

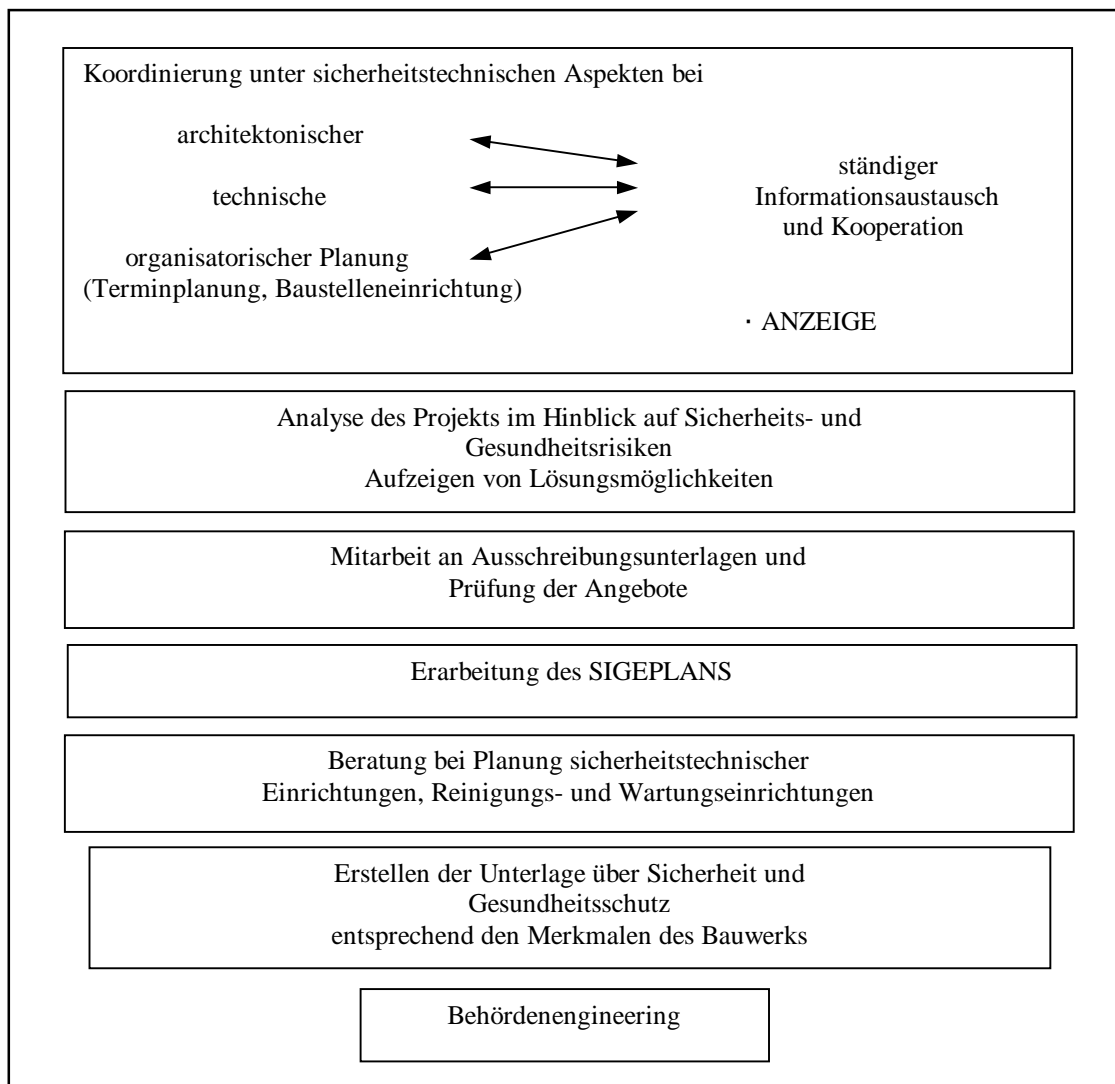
### 3.3. Das Honorar des SiGe-Koordinators

Das Honorar bezieht sich wie auch sonst in der HOAI auf die anrechenbaren Baukosten nach DIN 276. Je nach Honorarzone und Leistungsbild wird es differenziert in den Grenzen von Tabelle 7.

Als Richtwert wird man etwa 0,8% für die beiden Leistungsphasen I und II ansetzen müssen. Nach den Beobachtungen des Berichters haben viele Bauleitungsbüros dieses neue Tätigkeitsfeld für sich entdeckt und nutzen es nach Absolvierung der entsprechenden Kurse als zusätzliche Einnahmequelle. Das ist kritisch zu

**Tabelle 4.** Leistungsbild des Koordinators in der Planungsphase (Phase I)

**Table 4.** Coordination functions in the course of planning



**Tabelle 5.** Leistungsbild des Koordinators in der Ausführungsphase (oben)

**Table 5.** Coordinator's II functions

Kontrolle der Einhaltung des SIGEPLANS Sowie laufende Aktualisierung
Laufende prüfung auf mögliche Gefährdungen und Veranlassen Geeigneter gegnmabnahmen
Koordination der verschiedenen Gewerke/auftragnehmer zum Ausschluß gegenseitiger Gefährdungen (Organisation des Zusammenwirkens, Sicherstellung gegenseitiger information)
Mabnahmen zur Förderung des Sicherheitsbewubtseins (Unterweisungen, information)
Medation zwischen Bauverantwortlichen, Bauausführenden, Behörden und evtl. Anwohnern oder sonstigen Betroffenen.
Fortführung der unterlage mit den Merkmalen des Bauwerks
Regelung des Zugangs zur Baustelle, Einhaltung Baustellenordnung

**Tabelle 6.** Leistungsbild des Koordinators in der Ausführungsphase (oben)

**Table 6.** Coordinator's III functions

Bereitstellung aller für den Bauherrn und die Nutzer relevanten informationen Dokumentation bei Bauablaufes, angewandter verfahren, verwendeter baustoffe, Rohr-und leitungsplane
Mitwirkung bei Festlegung von Mabnahmen zum Brand - und Katastrophenschutz (Plane für Brandschutz, Evakuierung, feuerwehreinsatz)
Erstellung von Hinweisen zur Reinigung, Hygiene, Instandhaltung
Erhöhung der Akzeptanz des Bauwerks bei den Nutzern durch information (z.b. Erläuterung der Technik)
Mitwirkung bei Gestaltung von Arbeitsplätzen unter ergonomischen Gesichtspunkten bzw. Der Wohnumwelt (soweit nicht schon in der Planungsphase geschehen)
Hinweise abbruch und Entsorgung

beurteilen, weil eine unbefangene Person diese Aufgaben wahrnehmen muß. Ähnlich wie der Prüfstatiker unabhängig vom Statiker eine Gegenrechnung durchführt, sollte ein Dritter koordinieren und Aufsicht durchführen.

### 3.4. Die strafrechtlichen Folgen

Der Gesetzgeber hat sogleich auch die Strafen für die Nichteinhaltung der Baustellenverordnung festgelegt, die neben der BstVO auch auf dem Arbeitsschutzgesetz oder dem Strafgesetzbuch beruhen (Tabelle 8). Hierbei ist aber stets die Hilfe von Fachjuristen zu empfehlen.

### Schlussfolgerungen

1. Das neue in Deutschland geltende System für Sicherung des Arbeitsschutzes, deren Wesen besteht darin, dass die Verantwortung für Arbeitsschutz nicht nur Bauunternehmen, sondern auch sein Besitzer trägt, fordert ins System die sogenannten Baukoordinatoren einzufügen sowie Rechte, Pflichten und Zusammenwirkung zwischen sämtlichen Teilnehmern dieses Systems festzustellen.

2. Mit dem neuen System für Sicherung des Arbeitsschutzes bestrebt man 4 Zwecke: Abnahme /

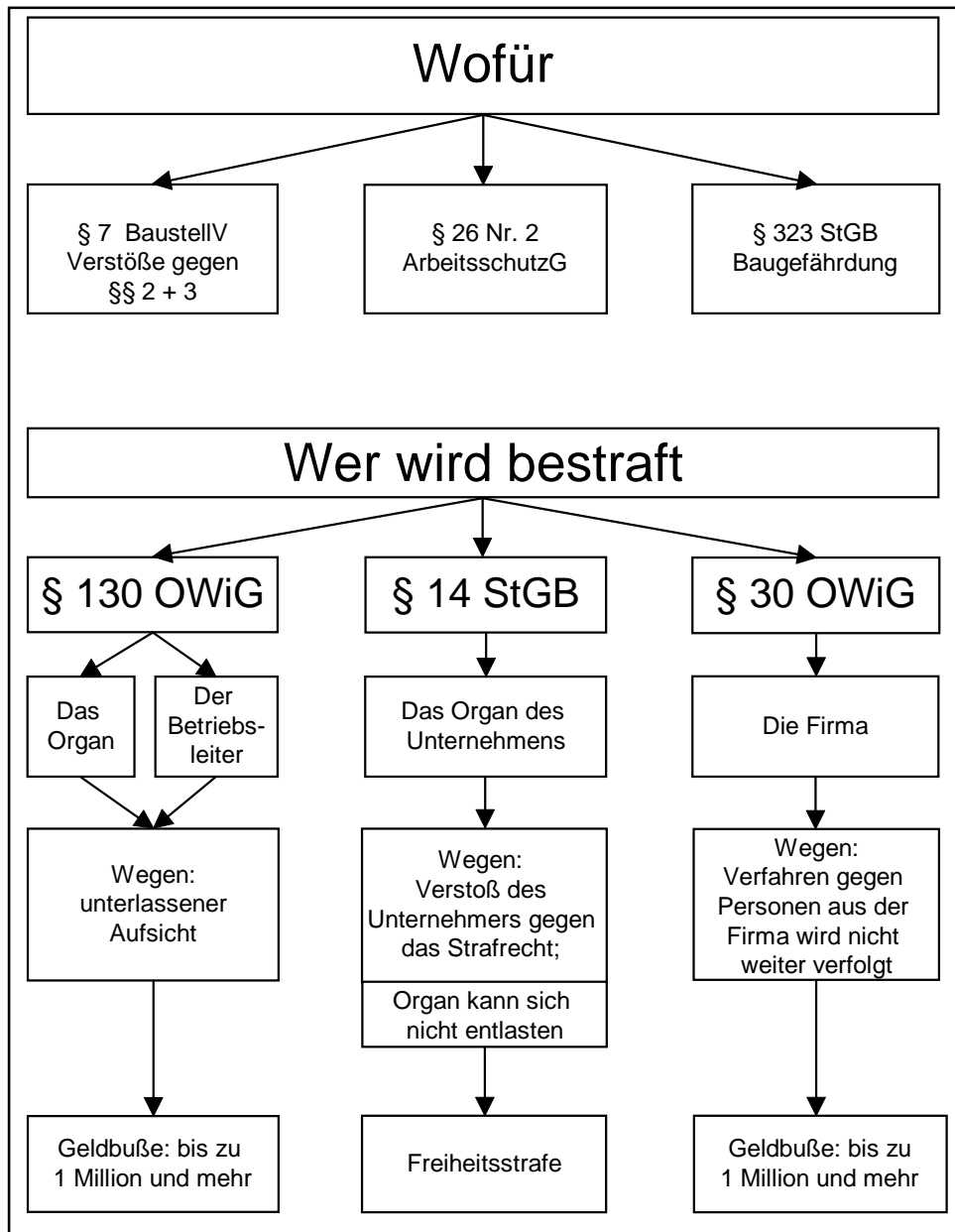
Tabelle 7. Honorarberechnung für Koordinatoren zur EG-Richtlinie

Table 7. Calculation of remuneration of the co-ordinator according to the EU directives

I Planungsphase	II Ausführungsphase	III Vorbereitung der Nutzungsphase
Planung	Koordination	Dokumentation
- Planung	- Ausführung - Herstellung	- Unterhaltung - Nutzung - Abbruchplanung
- Bauingenieur - Architekt - Sicherheitsingenieur	- Bauingenieur - Koordinator - FASI	- Ergonom - Koordinator
- Werkstoffe - Verfahren - SIGEPLAN - Baustellenantrag - Vorankündigung	- Controlling - Logistik - Unfall- und Gesundheitsschutz	- Reinigung - Sanierung - Demontage, Abriß - Verwertung
0,3 - 0,5 %	0,4 - 0,9 %	0,2 - 0,5 %
<b>Honorarsumme: ca. 0,9 - 1,9 % der anrechenbaren Baukosten</b> (DIN 276)		
Planungsberatung		
- Anzeige - SIGEPLAN - Unterlage	- Koordination - Bausitzungen - Überwachungen	Unterlage (Nutzerhandbuch Baumerkmalakte)

**Tabelle 8.** Strafrechtliche Verantwortung der Beteiligten

**Table 8.** Amenability of participants is regulated by the penal code



Verminderung der Unfallanzahl, Verbesserung des Arbeitsschutzes, Integration der Arbeitsschutzgesichtspunkte schon in der Bauplanungsstufe bzw. Bestrebung der Verantwortung für den Arbeitsschutz von der Seite des Bauunternehmensbesitzers.

3. Als der neue Bestandteil des Systems für Sicherung des Arbeitsschutzes kommt Baukoordinator vor, und der neue Systemaspekt besteht in der Zusammenwirkung zwischen dem Bauunternehmensbesitzer und dem Koordinator.

4. Wirkungsvolles Funktionieren des neuen Systems für Sicherung des Arbeitsschutzes hängt im größten Teil von dem Koordinator ab, deshalb sollen seine Funktionen bei der Bauplanung, -organisation und -erledigung, bzw. bei der Honorarberechnung streng und deutlich festgestellt sowie seine Qualifikation sichergestellt werden.

5. Eine von wesentlichen Bedingungen des neuen Systems für Sicherung des Arbeitsschutzes ist völlig vorgesehene Verantwortung von allen Teilnehmern.

## Literatur

1. R. Seeling. Projektsterneuerung im Bauwesen // Stuttgart: Tenbner, 1996. 150 S.
2. R. Seeling. Unternehmensplanung im Baubetrieb // Stuttgart: Tenbner, 1995. 250 S.

Įteikta 2001 05 10

## VOKIETIJOS MINISTRŲ TARYBOS 92/57 ES NUTARIMO ĮGYVENDINIMO GALIMYBĖS

### R. Seeling

#### S a n t r a u k a

Vokietijoje visa atsakomybė už kontrakto vykdymą, taip pat ir už darbų rangą tekdavo statybos įmonei. Šiandien šia atsakomybe turi pasidalyti ir užsakovas. Tam reikia papildomų ekspertų, kurie, dirbdami už tam tikrą honorarą, tampa savotiškais statybos koordinatoriais.

Nauja tvarka siekiama keturių tikslų: nelaimingų atsitikimų skaičiaus sumažinimo, darbų saugos pagerinimo, rangos aspektų integravimo į planavimą ir paskelbimo prieš pateikiant kontraktą, taip pat įtraukti statybos savininką sprendžiant darbų saugos klausimus. Kuriant šią naują sistemą reikia atlikti išsamią esamos būklės analizę bei išspręsti nemaža teorinių ir praktinių klausimų. Tyrimai parodė, kad pagrindinė nelaimingų atsitikimų statyboje priežastis – kritimas iš didelio aukščio bei kiti kritimai. Jie sudaro beveik 40% visų nelaimingų atsitikimų. Daugiau kaip trečdalis jų atsiranda dėl klaidų statybos planavimo stadijoje.

Pasikeitus požiūriui į darbų saugą išsiplečia statybos savininko funkcijos, atsiranda su juo derinamas statybos koordinatoriaus sudarytas darbų saugos ir sveikatos užtikrinimo planas, svarbi tampa statybos savininko ir koordinatoriaus tarpusavio sąveika, apskritai, paties koordinatoriaus kvalifikacija. Todėl turi būti aiškiai apibrėžtos koordinatoriaus funkcijos ir sprendimų klausimai statybos planavimo, organizavimo ir vykdymo stadijose.

Siekiant efektyvaus koordinatoriaus darbo turi būti vadovaujamosi ES direktyvomis, apskaičiuojant jo honorarus.

Tam, kad visa ši sistema funkcionuotų, turi būti apibrėžta visų jos dalyvių atsakomybė.

## POSSIBILITIES OF IMPLEMENTING THE RESOLUTION No 92/57 ES OF THE COUNCIL OF THE EU MINISTRIES IN GERMANY

### R. Seeling

#### S u m m a r y

Until now, in Germany, a construction company was in full responsibility for the fulfilment of a contract including the works performed on the contract terms. Today a person who awards a contract is also responsible for the works performed on the contract terms. The performance of works in accordance with new terms requires additional experts who work for certain remuneration and to certain extent become the coordinators of construction.

The new procedure pursues four purposes: decrease in the number of accidents, the preparation of safety of works, the integration of aspects of a contract into planning and announcing of these aspects before awarding a contract to an executor, and the engagement of the owner of construction in the procedure of settling the problems of work safety. In the course of creation this new system, the following works must be carried out: the elaborated analysis of an available situation and the settlement of a number of theoretical and practical problems. The research performed has shown that the major reasons of accidents in the course of construction comprise falling down from a big height and other events of falling down. They make up almost 40 per cent of all accidents. Over one third of these accidents occur because of the mistakes made at the stage of construction planning.

Due to a new attitude to the safety of works the functions of the owner of construction are extended, the plan ensuring the safety of works and health made by a coordinator becomes necessary, mutual cooperation between the owner of construction and a coordinator as well as the qualification of the coordinator become very important. Therefore the functions of a coordinator and decisions that are to be made at the stages of planning, organizing and performing the works must be clearly outlined.

To ensure the effective work of a coordinator his remuneration must be correctly calculated in accordance with the EU directives.

To ensure the feasibility of this system the responsibility of all its participants must be outlined as well.

.....  
**Reinhard SEELING.** Professor Dr-Ing R. Seeling has been teaching Construction Planning since 1972 at the Technical High School of Rhine in Aachen. Author of 5 educational books and over 100 articles in specialised periodicals. In 2001 he participated in 4 Lithuanian-German-Polish colloquiums and was organizer of one of them in Aachen. He has a lot of international contacts and is a professor at ETH Zurich and TU Dresden.

## NEUE WEGE IM SCHLÜSSELFERTIGBAU FÜR KLEINE UND MITTELSTÄNDISCHE UNTERNEHMEN

### B. Reichelt

*Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig (FH)*

#### 1. Vorwort

Der in Deutschland anhaltend stagnierende bzw. rezessive Baumarkt stellt kleine und mittelständischen Bauunternehmungen vor große Probleme. Das Überangebot an Bauleistungen führte zu einem Preiskampf und enormen Preisreduzierungen bei gleicher Qualität und gestiegenen Materialpreisen. Weitere Kostenreduzierungen ohne Strukturänderungen sind zwar in begrenztem Maße möglich, diese werden aber zu einer weiteren Erhöhung der Konkurse von Bauunternehmen und zu einer weiteren starken Abnahme der im Bau beschäftigten Arbeitnehmer führen. Diese Situation, die durch die steigende legale und illegale Konkurrenz ausländischer Arbeitnehmer und Bauunternehmen verschärft wird, wird zu einer Strukturanpassung und zu neuen innovativen Entwicklungen führen.

Ein der möglichen Lösungswege ist die Ausnutzung von modernen Computer- und Informationstechnologien in diesem Bereich und das Durchsetzen der neuen Partnerschaftsformen unter den Teilnehmern des Bauprozesses. Die mit der Computerisierung des Bauprozesses verbundenen theoretischen und praktischen Probleme wurden von [1] behandelt. Von einem anderen Autor [2] wird die Computerisierung im einem breiteren Kontext – vom Bau bis zum Betrieb des Bauobjekts – behandelt.

Mit den gegenseitigen Beziehungen der Teilnehmer des Bauprozesses befasst sich in seinem Werk auch [3]. In den Abhandlungen der genannten Autoren vermissen wir dennoch die Konkretheit, nicht alle wesentliche Probleme werden besprochen.

Ziel der vorliegenden Behandlung ist die Formulierung von neuen grundlegenden Ideen bei der Ausnutzung von Computertechnologien im Bauprozess sowie die Suche nach neuen Partnerschaftsformen.

#### 2. Schlüsselfertiges Bauen in Deutschland

Der Schlüsselfertigbau-Markt ist zwar ebenfalls hart umkämpft, die Entwicklungsmöglichkeiten auf diesem wachsenden Marktsegment sind für mittelständische Bauunternehmen jedoch groß.

Obwohl in anderen Ländern ähnliche Konstellationen des Bauens existieren, wird hier kurz auf die deutsche Form, deren Besonderheiten und Probleme eingegangen. Dies soll auch vor dem Hintergrund geschehen, daß zukünftig Firmen aus den EU-Beitrittsländern auf dem deutschen Markt selbständig tätig sein werden.

Beim Schlüsselfertigen Bauen – der Begriff stammt aus dem Hochbau, ist aber auch bei Straßen-, Brücken- und Tiefbauten gebräuchlich – wird das gesamte Bauwerk von der Gründung bis schlüsselfertigen Übergabe:

- Komplet und funktionstüchtig;
- von einem Vertragspartner;
- zu einem vertraglich vereinbartem Festpreis und;
- meist bei festgelegtem Fertigstellungstermin erstellt.

Es existieren zwar keine repräsentativen Statistiken, aber die von Kapellmann genannte Größe des Anteils des Schlüsselfertigen Bauens in Deutschland von mindestens 30% des Bauvolumens erscheint dem Autor glaubhaft [4]. Die Tendenz ist steigend. Hauptsächlich handelt es sich um private Bauaufträge, bei öffentlichen Vorhaben ist diese Form wegen der Anwendung bestimmter Vorschriften des Vergaberechtes eher selten.

Zielgruppe des Schlüsselfertigen Bauens sind Auftraggeber, die eine komplette Bauleistung kaufen, nicht alle Risiken des Bauens tragen und sich nicht mit der Koordinierung von Planern, Bauleitern und Bauunternehmen belasten wollen. Das kann den Bau eines Einfamilienhauses betreffen oder integrierte Vorhaben mit



Projektentwicklung, Finanzierung, Planung, Ausführung und Betrieb der Immobilie (z. B. BOT-Projekte). Der Beitrag beschränkt sich im weiteren auf für kleine und mittlere Bauunternehmen relevante Fragen.

Vorteil für den Bauherrn gegenüber der sonst üblichen Einzelvergabe in Fachlosen ist neben der Begrenzung des Kosten- und Terminrisikos, ein geringerer Arbeitsaufwand und der Umstand daß während des Bauens und danach nur ein Ansprechpartner haftet.

Der Bauunternehmer kann i.d.R. nicht alle Leistungen des Schlüsselfertigprojektes selbst ausführen und bindet Nach- oder Subunternehmer (NAN) vertraglich, für die er dem Bauherrn gegenüber haftet. Er wird Generalunternehmer (GU) genannt, wenn er einen Teil der Bauleistung selbst ausführt und Generalübernehmer (GÜ), wenn er alle Leistungen an Nachunternehmer vergibt. Wird die gesamte Planung durch das Bauunternehmen übernommen spricht man von einem Totalunter-

nehmer. Abbildung 1 stellt die Vertragsbeziehungen des Generalunternehmers und Totalunternehmers im Gegensatz zur in Deutschland typischen Einzelvergabe dar.

Die entsprechenden Verträge des Schlüsselfertigbaus sind Pauschalverträge meist auf der Basis funktionaler Ausschreibungen. Je nach Vorgabe des Bauherrn kann die komplette Bauleistung um Teile der in Deutschland traditionellen Architekten- und Ingenieurplanung erweitert werden. Diese kann der Generalunternehmer dann selbst ausführen oder an Planungsbüros in seinem Auftrag weitergeben. Da das Vorhaben funktionstüchtig übergeben werden muß, übernimmt er somit auch Teile des Planungsrisikos. Die mittlerweile übliche Schnittstelle im Schlüsselfertigbau ist die Übergabe der Genehmigungsplanung, die durch den Architekten des Bauherrn erstellt wurde. Der Generalunternehmer übernimmt dann Ausführungsplanung und Teile der Tragwerks- und Haustechnikplanung.

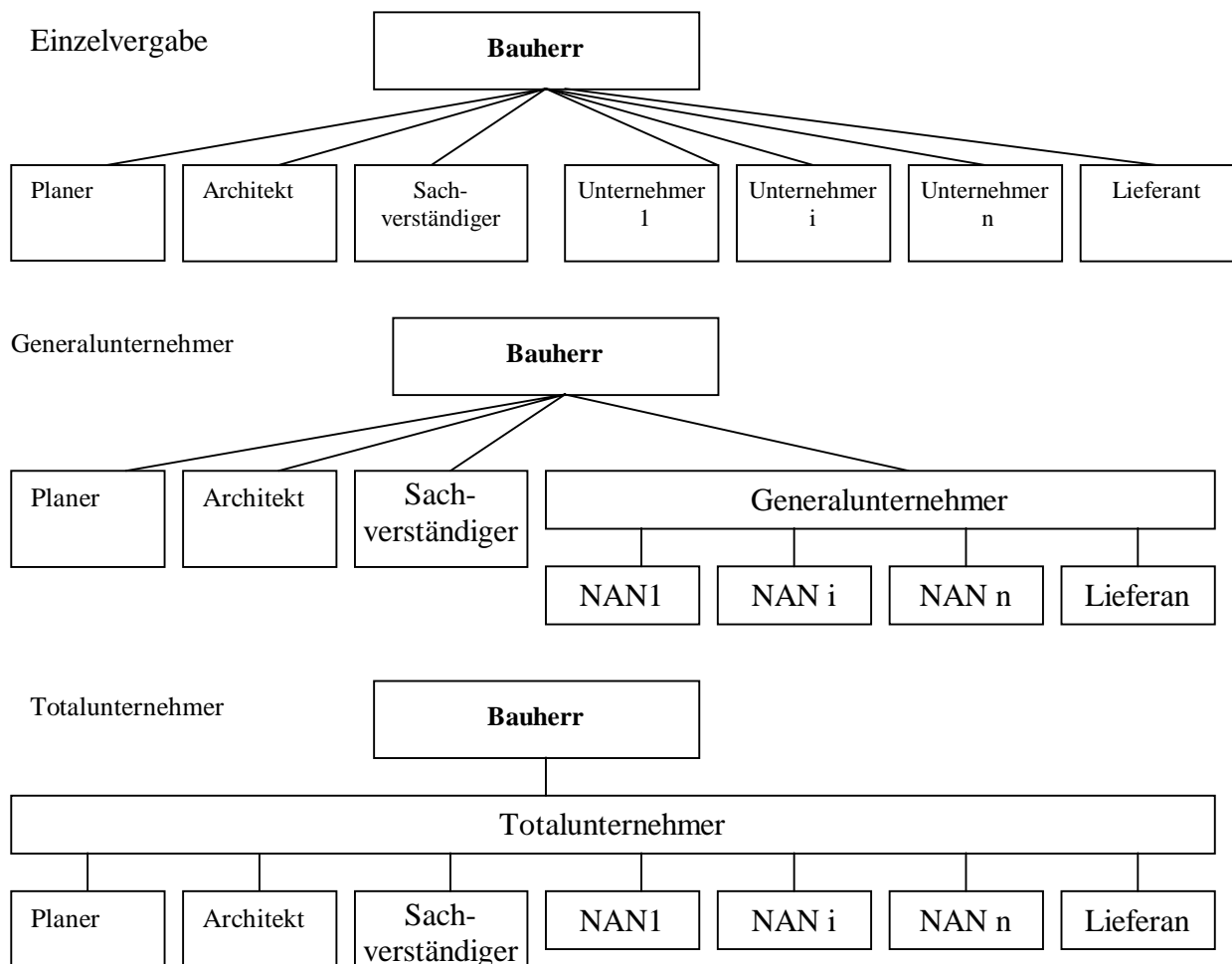


Abb. 1. Vertragsbeziehungen Einzelvergabe und Formen des schlüsselfertiges Bauen

Fig 1. Relation between individual allocation of orders and forms of package projects

Abbildung 2 versucht die Bandbreite der Leistungen eines Bauunternehmers, der als GU auftritt, darzustellen.

Die Leistung und deren Qualität wird i. d. R. durch Entwurfszeichnungen und eine mehr oder weniger detaillierte Baubeschreibungen spezifiziert. Innerhalb dieser Vorgaben, unter Berücksichtigung der sog. Allgemein Anerkannten Regeln der Baukunst, hat der GU einen relativ breiten Ausführungsspielraum, den er zu seinem Kostenvorteil u. a. zu nutzen versucht durch:

- soweit zulässig kostengünstige alternative Baukonstruktionen und Ausführungsvarianten;
- eine fertigungsgerechte Planung;
- weitgehend parallelen Steuerung seiner Planung/Arbeitsvorbereitung mit der Ausführung;

- seine Kenntnisse des Baumaterialienmarktes und der Nachunternehmermarktes.

Das kann ein Nachteil für den Bauherrn sein, der nach Vertragsunterzeichnung nur noch geringen Einfluß auf Details hat, die im Vertrag nicht beschrieben wurden und Änderungen des Entwurfs i. d. R. teuer bezahlen muß.

### 3. Probleme der Schlüsselfertigen Bauens

In den letzten Jahrzehnten bildeten sich im Schlüsselfertigbau verschiedene Probleme heraus, die sich durch die eingangs geschilderte negative Wirtschaftslage verschärfen. Im folgenden sollen die m. E. wesentlichen Aspekte besprochen werden.

Leistungsumfang klassisches Modell				Typische Leistungsverteilung Generalunternehmer			
	Bauherr	Architekt	Bauunternehm.		Bauherr	Architekt	Bauunternehm.
Projektentwicklung				Projektentwicklung			
Bauprogramm/Grundlagenermittl.				Bauprogramm/Grundlagenermittl.			
Vorentwurf				Vorentwurf			
Entwurf/Genehmigungspl.				Entwurf/Genehmigungspl.			
Ausführungspl./Vergabe				Ausführungspl./Vergabe			
Bauüberwachung				Bauüberwachung			
Herstellung des Bauwerks				Herstellung des Bauwerks			
Betrieb				Betrieb			

BOT-Modell			
	Bauherr	Architekt	Bauunternehm.
Projektentwicklung			
Bauprogramm/Grundlagenermittl.			
Vorentwurf			
Entwurf/Genehmigungspl.			
Ausführungspl./Vergabe			
Bauüberwachung			
Herstellung des Bauwerks			
Betrieb			

Abb. 2. Darstellung des möglichen Leistungsumfanges des Bauunternehmers im Schlüsselfertigbau

Fig 2. Possible services that could be offered by building enterprises in the framework of a packaging project

*Mangelhafte Planung des AG.* Die Planungsunterlagen, die der Auftraggeber dem GU übergibt, sind häufig mangelhaft, in sich oder zu Behördenauflagen widersprüchlich oder nicht ausführbar. Die Ursachen sind vielfältig:

- der Architekt fühlt sich für alles was nach der Genehmigung kommt nicht verantwortlich, insbesondere, wenn sein Honorar nicht angemessen ist,
- die Ausbildung der Planer ist stark von der Ausführung entfernt,
- wegen mangelnder Erfahrung überblickt der Bauherr die Folgen nicht.

Den Anpassungsaufwand der Planung bekommt der GU in der Regel nicht vergütet, das Kalkulationsrisiko ist entsprechend groß. Diese schlechte Vorbereitung seitens des Auftraggebers schließt nicht selten die Finanzierung ein, was u. a. Zahlungsausfälle zur Folge hat.

*Schlechte Bauvorbereitung des GU.* Meist muß in sehr kurzer Zeit für eine komplexe Bauaufgabe ein Angebot erstellt werden, das konkurrenzfähig ist und die Weichen für Erfolg oder Verlust stellt und das unter dem Vorzeichen der o.g. Planungsvorgaben. Viele GU besonders im mittelständischen Bereich kalkulieren deshalb trotz der Risiken und der terminlichen, wirtschaftlichen und technischen Verantwortung ihre Vorhaben in der Angebotsphase nicht umfassend genug. Diese Arbeitsweise setzt sich durch eine traditionellen Nachlässigkeit fort, was dazu führt, daß z. B. in der Sanierung während des Bauens sehr viel operativ geregelt wird. Die Folge ist Zeitdruck und schlechte Qualität.

*Wirkung auf die Nachunternehmer.* Der GU versucht üblicherweise viele dieser Probleme und Risiken auf die Nachunternehmer zu übertragen. Oft entscheidet bei der Vergabe allein der Preis, was auch hier zu mangelhafter Qualität, längeren Projektdurchlaufzeiten, den Einsatz von Schwarzarbeit und nicht selten zu Konkursen führt. Der Nachunternehmer muß sich als Kostenführer etablieren und hat kaum die Möglichkeit sich technisch-konstruktiv oder fertigungstechnisch zu spezialisieren und somit seine Zukunft zu sichern. Er verliert mehr und mehr seine Marktanpassungsfähigkeit.

Die Zunahme des Schlüsselfertigbau ist für kleine Unternehmen, die in Deutschland den wesentlichen Teil des Bauvolumens bringen, überhaupt problematisch.

Ihnen wird die unmittelbare Teilnahme am Wettbewerb um Aufträge erschwert.

*Reibungsverluste.* In der Planungsphase und stärker auf der Baustelle ist unter diesen Vorzeichen eine offene Zusammenarbeit zwischen den Vertragspartnern kaum möglich. Abstimmungsprobleme zwischen Bauherren, Architekten und den Bauunternehmen, die unterschiedliche Interessen verfolgen, führen zu Reibungsverlusten. Unterschwellige Konflikte und offene Feindseligkeit sind an der Tagesordnung und führen zu kostenträchtigen Störungen.

Wegen der niedrigen Baupreise pflegt das Bauunternehmen das Nachtragsmanagement, was dazu führt, daß der Bauherr Claim-Management betreibt. Mißtrauen herrscht vor und Zusammenarbeit wird formal durch Vertragsbedingungen geregelt. Man beschäftigt sich auch bei kleinen Vorhaben immer mehr mit baurechtlichen Problemen, sichert sich gegenseitig baurechtlich ab, um Haftungsansprüchen, Vertragsstrafen usw. zu entgehen. In der Regel investiert jeder Beteiligte mehr Energie in bauvertragsrechtliche Fragen als in die Verbesserungen des Bauens – man kann hier von einer „Verrechtlichung des Bauens“ sprechen.

Wenn auch nicht alle Baustellen durch diese Verhältnisse geprägt sind, so belasten sie auch in abgeschwächter Form das Beziehungsgeflecht der Beteiligten außerordentlich.

#### **4. Generelle Lösungsansätze für kleine und mittelständische Bauunternehmen**

Der gegenwärtig in Deutschland eingeschlagene Weg des Schlüsselfertigen Bauens führt offensichtlich weder zu einer Verbesserung der Marktchancen der kleinen und mittelständischen Bauunternehmen noch zu einer signifikanten Kostenreduzierung des Bauens. Nach Meinung des Autors sind vier prinzipielle Auswege denkbar:

- Kundenorientierte Angebote und Auftragsabwicklung;
- Rationellere Arbeitsorganisation beim GU, angelehnt an das prozeßorientierte Qualitätsmanagement;
- Einsatz durchgängiger EDV-Lösungen;
- Verbesserung der Kooperation zwischen den am Bau Beteiligten.

Die Erfahrung der letzten Jahre in der Bauwirtschaft ist, daß qualitativ hochwertig erstellte Bauwerke kein Garant mehr für den langfristigen Erfolg eines Unternehmens sind – sie müssen auch preisgünstig, schneller erstellt und den veränderten Kundenanforderungen angepaßt werden.

Es müssen Leistungsangebote entwickelt werden, die vom Umfang und vom Risiko her den Wünschen und Vorstellungen des Bauherrn entsprechen – dies kann von der Projektentwicklung bis zum Gebäudemanagement reichen. Es kommt auf das Anbieten des richtigen Produktes und die Zufriedenheit des Bauherrn an. Das schließt individuelle Beratung und Information vor und während der Vertragsabwicklung ein, z. B. zu neuen kostengünstigeren Alternativen von Materialien oder Ideen zur besseren Vermietbarkeit. Dazu bedarf es Vertrauens, das sich durch fachliche Kompetenz, Zuverlässigkeit, Vertragstreue und dem gemeinsamen Willen eine erfolgreiche Baumaßnahme zu realisieren auszeichnet.

Rationellere Arbeitsorganisation beim GU bedeutet Neugestaltung der gesamten betrieblichen Prozesse und damit verbunden die Verbesserung der internen Kommunikation.

Besonders Mitarbeiter der unteren Führungsebene einschließlich der Facharbeiter müssen mehr Verantwortung übernehmen und selbständiger arbeiten. Diese Maßnahmen führen häufig zum Hinterfragen und zur Änderung des Führungsstils im Unternehmen.

Beim Einsatz durchgängiger EDV-Lösungen geht es um eine effektive Unterstützung des GU und der NAN über den gesamten Planungs- und Bauprozess, um Aktualität und Schnelligkeit in bezug auf Information und Kommunikation in Planung, Realisierung und Gewährleistung.

Der Weg des nahtlosen Ineinandergreifens der Daten aller Planer und Ausführenden (CAD, AVA, Kalkulation, Abrechnung) kann dabei wegen der üblichen funktionalen Ausschreibung und der fehlenden hardware- und softwareseitigen Voraussetzungen beim Nachunternehmer nicht vordergründig betrachtet werden. Schnittstellen zur Übernahme von Daten vor- und nachgelagerter Prozesse, zur Integration der Planungsleistungen von Nachunternehmern insbes. des Haustechnikbereiches, zur Übergabe der Daten für die Zwecke des Bauherrn, z.B. für das Facility Management, sind jedoch notwendig.

Außer bei Arbeitsgemeinschaften hat eine partnerschaftliche Kooperation zwischen verschiedenen selbstän-

digen Unternehmen in Deutschland keine Tradition. Generell sind 4 verschiedene Richtungen zu erkennen:

- Arbeitsgemeinschaft (ARGE);
- Dach-ARGE oder Konsortium;
- Partnering bzw. Garantierter Maximalpreises (GMP);
- partnerschaftliche Kooperation zwischen den am Bau Beteiligten bei Beibehaltung der prinzipiellen vertraglichen Beziehungen.

Die ARGE-Modelle und das GMP-Modell werden als bekannt vorausgesetzt. Die partnerschaftliche Kooperation versucht die am Bau Beteiligten, am Erfolg zu interessieren. Dieser Anreiz kann liegen in:

- der Aufteilung eines zusätzlichen Gewinnes durch gemeinsam erarbeitete kostengünstigere Verfahren,
- einer wegen der neuartigen Kooperation sichereren erfolgreichen Abwicklung des Bauvorhabens u.a. wegen verminderter Abstimmungsprobleme hinsichtlich Ablauf und Koordination,
- einer verbesserten Akquisition,
- der partizipativen Einflußnahme auf den Bauprozess zur besseren Abstimmung der eigenen Belange mit denen des Projektes, um dadurch eine höhere technologische Sicherheit zu erreichen.

## 5. Lösungsansatz Partnerschaftliche Kooperation

Anfang 2001 wurde durch die HTWK Leipzig, Fachbereich Bauwesen, Lehrbereich Baubetrieb und einem mittelständischen Bauunternehmen, das ca. 100 Mitarbeiter beschäftigt, ein Forschungsprojekt begonnen, das im Kern den Ansatz der Verbesserung der Kooperation zwischen GU und NAN in Verbindung mit einer breiten Unterstützung durch Informations- u. Kommunikationstechnologie hat [5]. Es sollen durch kreative Zusammenarbeit kostengünstigere und qualitativ hochwertigere Lösungen gefunden, die Zufriedenheit der Beteiligten erhöht und damit die Marktchancen für kleine und mittelständische Unternehmen verbessert werden. Dieses Modell ist prinzipiell auch für die Zusammenarbeit mit Bauherren, Planern und Lieferanten einsetzbar.

Im weiteren soll auf folgende Aspekte des Modells eingegangen werden:

- Kooperationskonzept;
- EDV-Konzept;
- Projektablauf;

- Erfolgsfaktoren der Einführung.

A *Kooperationskonzept*. Die Kooperation ähnelt vom Grundverständnis her einer Symbiose unterschiedlich großer Lebewesen (hier Unternehmen), die voneinander profitieren und nicht oder nur schlecht ohne einander leben können.

Das notwendige partnerschaftliche Verhalten muß von allen gelernt und (am Anfang vom Generalunternehmer vor-) gelebt werden. Es gilt, ein geeignetes Arbeitsumfeld zu schaffen, das die kreative Suche nach innovativen kosten- und zeitersparenden Lösungen fördert. Voraussetzung ist eine offene, transparente, vertrauensvolle und motivierte Zusammenarbeit gemäß einer Gewinner- Gewinner-Strategie. Dabei wird eine Art Netzwerk entstehen, das auch außerhalb aktiver Verträge wirksam ist

Der NAN muß eine Gesamtprojektsicht entwickeln und in das Risikomanagement eingebunden werden. Das heißt unter anderem, daß ihm mehr Selbständigkeit und Verantwortung übertragen und die Kontrolle schrittweise verringert wird. Die intensive gemeinsame Entscheidungsvorbereitung des GU mit den NAN muß bereits während der Angebotskalkulation erfolgen.

Alle Beteiligten tauschen Informationen über ein computergestütztes Informations- und Kommunikations-

system aus und legen so die notwendigen Daten offen. Inwieweit das auch sensible Daten betrifft, hängt von der Art der entstehenden Zusammenarbeit und der Gewinnaufteilung ab, die transparent erfolgen muß. Abbildung 3 zeigt das Prinzip der Kommunikationsstruktur.

Das „Generalunternehmerprinzip“ wird weiterentwickelt. Der Generalunternehmer wird mehr Verantwortung gegenüber seinen Nachunternehmern übernehmen. Das bedeutet, daß er sich auch für die internen Prozesse des Nachunternehmers interessiert und Hilfen anbietet, die sich beziehen können auf:

- die strategische Unternehmensentwicklung des Nachunternehmers z. B. Unterstützung der Einführung des Qualitätsmanagements;
- das Finden und Einführen innovativer Methoden des Bauens für die Projekte des GU, die gleichzeitig eine Verbesserung der Marktchancen des NAN bedeuten;
- Beteiligung des GU an Entwicklungen, die der Nachunternehmer nicht allein finanzieren kann.

Erfolgreiche Kommunikation und Zusammenarbeit werden wesentlich von der Projektkultur geprägt. Diese umfaßt die Grundannahmen, Wertvorstellungen, Einstellungen, Verhaltensregeln, Normen usw. der am

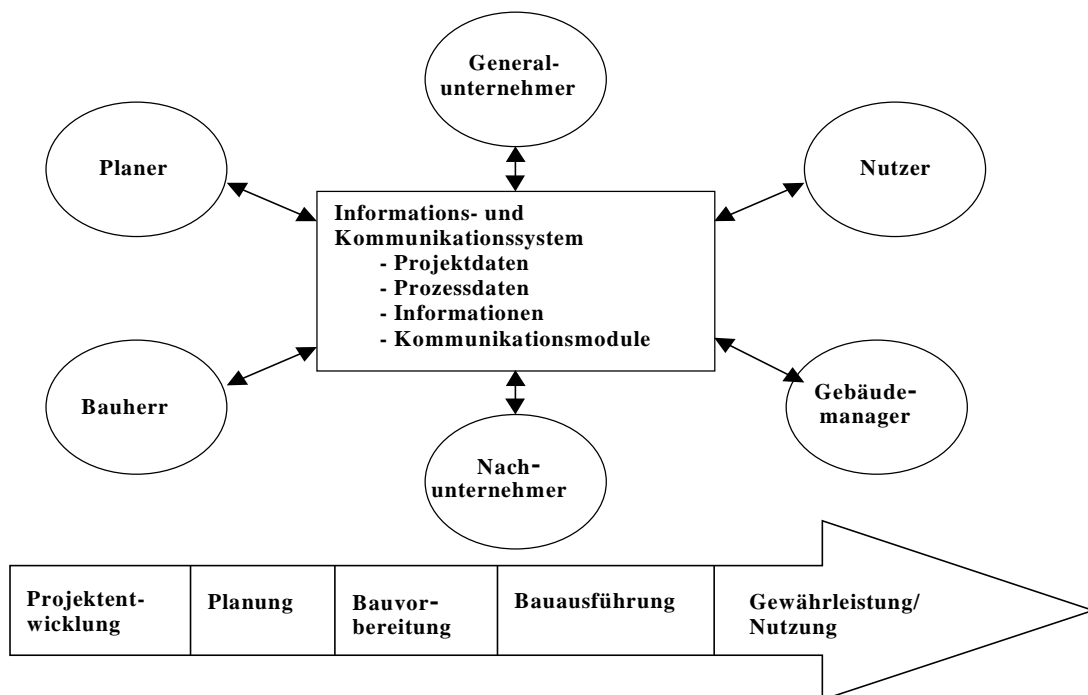


Abb. 3. Kommunikationsstruktur bei der Partnerschaftlichen Kooperation

Fig 3. Communication structure within partnering

Projekt beteiligten Personen und wird durch Führungsstil, Organisations- und Managementmethoden getragen. Projektkultur hat erheblichen Einfluß auf Entstehung und Behebung von Konflikten innerhalb von Projekten. Die Herausbildung einer entsprechenden die Zusammenarbeit und Innovation fördernden Projektkultur im Netzwerkes ist fester Bestandteil des Modells.

Auch Verträge müssen entsprechend ausgestaltet werden, da sie darauf ausgerichtet sind, unter der jeweiligen Projektkultur erfolgreich zu sein. Vertrag und Projektkultur bedingen einander und beeinflussen sich gegenseitig.

Wie kann die Projektkultur konkret entwickelt und gestaltet werden? Hier nur einige Beispiele:

- Entwickeln und Einführen von Organisations- und Führungsmethoden, die partnerschaftliches Miteinander fördern z. B. Moderation, spezielle Kurzberatungen, Leistungspakete, die auf selbständige Erfüllung ausgerichtet sind;
- Offenlegen der unternehmerischen und persönlichen Interessen der Beteiligten;
- Ständiges gemeinsames Suchen nach neuen Lösungen, generelles Offenhalten gegenüber neuem, einschl. Integration von Unternehmen.

Die Projektkultur wird sich mit der Zeit herausbilden und auf das Verhalten zurückwirken, daher:

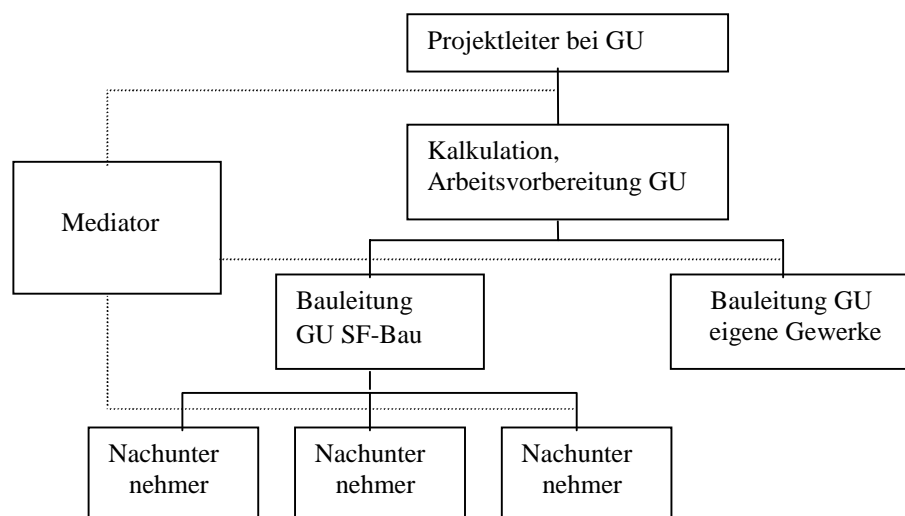
- ist eine ständige bewußte Pflege und Weiterentwicklung durch die Beteiligten notwendig z. B. durch entsprechende Feed-Back-Möglichkeiten;

- müssen Vorkehrungen getroffen werden, daß Probleme/Störungen so früh wie möglich erkannt und beseitigt werden können.

Eine wichtige Person bzw. Stelle, die den Prozeß der Bildung der Projektkultur und der Abwicklung der Bauvorhaben beobachtet, aktiv begleitet und für einen konfliktarmen Bauablauf sorgt, ist die eines Mediators oder Coaches. Dieser entwickelt das System der Kooperation weiter, erkennt und löst Konflikte innerhalb der Kooperation. Bei jedem Bauvorhaben sorgt er für die Abstimmung des Informationsflusses, des Berichtswesens und der Kompetenzen, moderiert Beratungen, die für die Zusammenarbeit wichtig sind, und richtet das Informationssystem ein und pflegt es.

Aus den Aufgaben ist erkennbar, daß der Mediator weitgehend neutral, von allen als Vertrauensperson (Ansprechpartner) anerkannt und fachlich kompetent sein muß. Abbildung 4 zeigt den strukturellen Zusammenhang der Beteiligten in einem Organigramm.

*B EDV-Konzeption für die Partnerschaftliche Kooperation.* Ziel ist die Unterstützung der beschriebenen Kooperationsform von der Arbeitsvorbereitung / Planung bis zur Baustellenabrechnung / Gewährleistung d. h. ein leistungsfähiges Kommunikationsnetz, das das Bauwerk und den Prozeß des Planens und Bauen abbildet und eine gezielte, effektive Informationssteuerung gewährleistet. Es entsteht eine Art zentrales, virtuelles Projekt- und Organisationshandbuch, das von allen Beteiligten entsprechend dem Baufortschritt, den



**Abb. 4.** Organigramm für die Baustellensteuerung und -vorbereitung

**Fig 4.** Outline showing preparation and control of building sites

Aufgaben und Kompetenzen weiterentwickelt wird.

Das Bauwerksmodell hat eine Vielzahl von erklärenden technischen, wirtschaftlichen, organisatorischen und rechtlichen Daten und muß somit alle Informationen vorgelagerter Prozesse übernehmen können. Es muß mit den Leistungsdaten in geeigneter Weise verknüpft werden, in der Gliederungstiefe flexibel sein und Änderungen jederzeit einfach zulassen. Erste Untersuchungen zum Datenmodell liegen vor [6].

Das Prozeßmodell bildet den Kommunikations- und den Bauprozeß ab, d. h. Plan-, Ist- und Analysedaten, Ablauf der Projektorganisation, Berichtswesen usw. Die Daten werden durch feste Verantwortlichkeiten der einzelnen Beteiligten aktuell gehalten.

Die EDV-Plattform muß gestatten, die Nachunternehmer bei der Datenerfassung und -nutzung direkt einzubeziehen. Der Informationsverbund ist über mehrere Standorte (Baustellen, NAN-Büros) hinweg notwendig und erfordert Informations- und Kommunikationstechnik, wie etwa Internettechnologie und Methoden des e-Commerce, die ein redundanzfreies Arbeiten ermöglichen [7].

*C Der Prozeß.* Der Prozeß bündelt alle beschriebenen Aspekte in einem Ablauf, der einerseits für alle Vorhaben gleich und andererseits flexibel auf jedes Bauvorhaben zugeschnitten sein muß. Dazu werden Instrumente und Methoden des Qualitätsmanagements genutzt. Mit diesem Ablauf sollen Störungen und Mängel minimiert werden z. B. indem eine wirtschaftliche und möglichst exakte Planung gesichert wird und die Kenntnis von Risiken und Störungsmöglichkeiten ein vorausschauendes Handeln aller Beteiligten erreicht. Der Prozeßablauf versucht die Nachunternehmer und die Mitarbeiter regelmäßig in die Entscheidungen mit einzu beziehen, um zur gleichen Projektvorstellung und zu klaren Aufgabendefinitionen und Kompetenzen zu kommen.

Der prinzipielle Projektablauf wird in Abb. 5 in den wichtigsten Teilen skizziert.

Zu diesem Prozeß gibt es Standardprozeduren wie:

- Änderungen durch Störungen, Bemusterungen oder Bauherrenwünsche;
- Angebote von Sondervorschlägen und Verbesserungen;
- Soll-Ist-Vergleiche und die notwendigen Reaktionen;
- Verhalten bei Mängeln, Fehlern usw.

<b>ANGEBOT</b>
Marktkontakt, Akquisition
Ausschreibungseingang
Erfassen der Grundkennwerte
Kalkulationsvorentscheid
Kalkulation Rahmenbedingungen
Abfrage und Beratung mit NAN
Angebotskalkulation
Abgabe Angebot
Vertragsverhandlung und – abschluß
<b>BAUVORBEREITUNG</b>
Interner Projektstart
Projektstart mit Nachunternehmern
Auftragskalkulation GU(parallel bei Nachunternehmer)
Termin-, Kosten-, Qualitätsplanung
Projektplanung und Optimierung der Planung
Arbeitsvorbereitung unter Berücksichtigung der NAN-Vorstellungen
<b>BAUREALISIERUNG</b>
Baustart intern
Baustart extern – Einweisen der AN des NAN
Baudurchführung
Bauablaufkontrolle/ -steuerung, Abrechnung
Abnahme und Dokumentation
<b>NACHBEREITUNG/GEWÄHRLEISTUNG</b>
Nachkalkulation/ Auswertung
Projektbeurteilung durch Beteiligte
Gewährleistung
Kundenbetreuung

**Abb. 5.** Projektablauf aus Sicht des GU bei Einbeziehung der Nachunternehmer

**Fig 5.** Stages of the project from the point of view of the main contractor including sub-contractors

Problem ist die effektive Bewältigung der Vielzahl von Abstimmungen. Hier müssen neue Beratungsformen getestet werden, z. B. Videoconferencing, geeignete kurze Beratungstechniken u.a. Diese Details sind während des Projektes zu entwickeln, zu festigen und einem Methodenpool zuzuführen.

*D Erfolgsfaktoren der Einführung der Partnerschaftlichen Kooperation.* Die Verwirklichung des Vorhabens wird auf verschiedene Schwierigkeiten treffen.

Einer zu geringen Akzeptanz unter den Beteiligten wird begegnet, indem bisher zwei NAN, die ähnliche Vorstellungen von Zusammenarbeit haben, am Projekt mitarbeiten. Außerdem werden die Interessen der am Bau Beteiligten innerhalb eines Teilprojektes detailliert untersucht. Um dem Anwenderkreis der kleinen und mittleren Unternehmen gerecht zu werden, soll das EDV-System zwar durchgängig aber ergonomisch einfach gestaltet sein.

Etwa ein Jahr nach Projektbeginn ist ein Feldversuch vorgesehen, der sich auf ein oder zwei Vorhaben mit eingegrenztem Leistungsumfang bezüglich Gewerken und beteiligten Firmen beschränkt, dabei sollen sowohl das Kooperationskonzept als auch das EDV-Konzept Berücksichtigung finden, die Erfahrung des Feldversuches fließen in den Prototyp ein. Für die endgültige Ausprägung des Systems wird ein spezielles Schulungskonzept geschaffen, das vorrangig auf Lernen von Verhaltensweisen durch Plan- und Rollenspiel abzielt.

## 6. Ausblick – Die zukünftige Verwertung

Der Autor geht davon aus, daß die Partnerschaftliche Kooperation in Zukunft eine wichtige Rolle im Schlüsselfertigbau spielen wird. Das konzipierte Modell kann nach der Weiterentwicklung des Prototypes und der Optimierung des Informationssystems eine Marktchance im Bereich kleine und mittelständische Unternehmen haben. Das Methodenwissen und die Software fließen in ein Produkt ein, das als Franchise-Lösung verwertet werden soll. Eingeschlossen sind eine Begleitung des interessierten Generalunternehmers, seiner Nachunternehmer und ggf. von Bauherrn einschließlich Schulungsmaßnahmen, programmtechnische Unterstützung, Testläufen, Konflikt- und Störungsbeseitigung usw. In den ersten Projekten ist der Einsatz des Mediators durch den Franchisegeber erforderlich.

Eine wissenschaftliche Weiterentwicklung der Methode und der Software kann ein Institut für „Partnerschaftliche Kooperation im Bauwesen“ leisten, das sich aus dem Verkauf der Franchise-Lösungen finanziert und zusätzlich außergewöhnliche Probleme behandelt, Nachunternehmer und Generalunternehmer

beim Finden neuer Ideen unterstützt und durch Öffentlichkeitsarbeit eine Breitenwirkung für die Methode erreicht.

## Literatur

1. J. Nävy. Facility-Management: Grundlagen, Computerunterstützung, Einführungsstrategie, Praxisbeispiel. Springer, 1998. 296 S.
2. H. Braun, P. Haller, E. Oesterle. Erfolg in der Immobilienbewirtschaftung. Springer, 1996. 162 S.
3. H. Kahlen. Management des ganzheitlichen Bauens. Düsseldorf: Werner, 1999. 332 S.
4. K. D. Kapellmann. Schlüsselfertiges Bauen: Rechtsbeziehungen zwischen Auftraggeber, Generalunternehmer, Nachunternehmer, Werner-Verlag Düsseldorf 1997. S. 2.
5. HTWK Leipzig und Euro-Consult GmbH Leipzig Partnerschaftliche Kooperation mit mittelständischen Generalunternehmen bei Instandsetzung und Modernisierung im Wohnungsbau Projektskizze zum Verbundprojekt des BMBF Programms „Bauen und Wohnen“, Förderungsschwerpunkt „Bauforschung und Technik, Mai 2001.
6. M. Vogt. Entwicklung eines Datenmodells für die Abwicklung von GU-Prozessen im Bereich Altbausanierung; Diplomarbeit HTWK Leipzig 2000.
7. F. Exter. Lösungsansätze für ein Informations- und Kommunikationssystem auf Basis von ERP- u. e-Business- Konzepten; unveröffentlichtes Manuskript, Leipzig 2001.

Įteikta 2001 05 10

## NAUJOS SMULKIŲJŲ IR VIDUTINIŲ STATYBOS ĮMONIŲ PERSPEKTYVOS

### B. Reichelt

Santrauka

Šiuo metu Vokietijos statybos pramonė išgyvena nuosmukį. Kad išsilaikytų, smulkiosios ir vidutinės įmonės turi prisitaikyti prie besikeičiančios situacijos. Vienas iš problemų sprendimų būdų – tapti pagrindiniu rangovu. Iki šiol jais būdavo didžiosios statybos įmonės.

Aprašomos problemos, kurios kyla, kai smulkiosios ir vidutinės įmonės imasi projektų paketo. Suformuluota principinė idėja, kurios esmė – intensyvus kompiuterių naudojimas visuose statybos procesuose ir naujų partnerystės formų, kurios dar mažai žinomos Vokietijoje, taikymas.

Autorius įsitikinęs, kad ateityje bus labai svarbu partnerių kooperavimasis, statant visiškai užbaigtus ir priduoti parengtus objektus. Modelis, kurio koncepcija siūloma, patobulinus prototipą ir optimizavus informacinę sistemą, yra perspektyvus smulkiųjų ir vidutinių įmonių atžvilgiu. Metodinėms žinioms ir programinei įrangai susiliejus į vieną produktą, gaunamas naujas sprendimas – franšizė – integruota darbo su suinteresuotu generaliniu rangovu, jo subrangovais ir, reikalui esant,



statybos šeiminku, sistema įskaitant apmokymus, paramą programinės technikos priemonėmis, kompiuterinį testavimą, konfliktų ir sutrikimų šalinimą ir pan. Pirmuosiuose projektuose franšizės davėjas privalo skirti tarpininką.

Metodikos ir programinės įrangos mokslinio tobulinimo darbus gali atlikti Statybos partnerių kooperavimosi institutas, kuris užsidirba lėšų iš franšizių pardavimo ir papildomai užsiima netipinių problemų sprendimu, įgyvendina subrangovų bei rangovų išskeltas naujas idėjas, populiarina metodiką visuomenėje.

## **NEW WAYS OF PACKAGE PROJECTS FOR SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES (SME) IN GERMANY**

### **B. Reichelt**

#### **Summary**

In Germany the building industry is in recession at the moment. Especially the SMEs have to adapt to different situation in order to survive. One possible strategy could be taken on orders as main contractors. This has until now been done dominantly by large building enterprises.

The author describes problems and chances which arise if the SMEs take on package projects. He develops a strategic idea that is based on intensive use of computers in all processes and on new forms of cooperation (partnering) that is less known in Germany.

The author is convinced that in future the collaboration of partners will play a significant role in the construction of

structures that are completely finished and ready for sale. After the improvement of the prototype and optimisation of the information system, the proposed model has a good potential in the field of small and medium business units. After the methodological knowledge and software blend into one product, a new solution will be received, viz the franchise. The integrated system of working with an interested contractor general, his subcontractors and, if necessary, the construction master, that includes training, software support, software test runs, elimination of conflicts and faults, etc. In the first projects the franchiser must provide the intermediary.

The Institute of Collaboration of Construction Partners that earns its income from the sale of franchises may perform scientific improvement of methods and software; the Institute is also engaged in dealing with atypical problems, support of subcontractors and contractors in their search for new ideas, as well as in the promotion of its methods using public relations.

.....  
**Bernd REICHELT.** Dr-Ing, Professor. Dept of Civil Engineering and Architecture. Leipzig University of Applied Science (HTWK), Karl-Liebknecht-Str. 132, D-04277 Leipzig, Germany. E-mail: reichelt@fbb.htwk-leipzig.de

Dr-Ing (1989); 1984–92 University of Technology Leipzig, 1992–98 management positions at building enterprises; Prof for construction and project management (1998). Research interests: Project management, facilities management, project development, information and communication processes, building contracts.

## COMPLEX EVALUATION OF ECONOMICAL-SOCIAL DEVELOPMENT OF LITHUANIAN REGIONS

R. Ginevičius, V. Podviezko

*Vilnius Gediminas Technical University*

### 1. Introduction

Centralized planning of economy functioned before the Soviet Union collapse stipulated a relatively balanced development of Lithuanian regions. At that time the state investments into public industrial enterprises were distributed quite evenly in the territory of Lithuania what guaranteed thousands working places in the country regions. Situation changed dramatically after turn into market economy has been made. The state stopped its large-scale investment policy and economical activity naturally began to concentrate in regions, which appear to be better adapted to market conditions. So why now in Lithuania quite significant differences between achieved level of economical-social development of separate regions can be found. For example, per capita GDP of Tauragė district comprise only 65% of Lithuanian average, while in Vilnius district this index exceeds the average by 120% [1]. Considerable differences in other areas are also found. Districts of Vilnius and Klaipėda (Vilnius and Klaipėda cities particularly) in 1996–98 attracted estimated 2/3 of all foreign direct investments (FDI), which have been made in Lithuania. Including Kaunas district index of FDI of listed regions they would exceed by 80% [1]. Such concentration of economical activity in several centres of the country stipulated social inequality and therefore has become an issue of state level. Considering this situation from the point of view of economical geography, we should certify a growing difference between two separate economic zones. In one of those zones modern enterprises linked with foreign markets and receiving FDI operate, while in the other, peripheral zone, economical industries creating comparatively insignificant value added prevail, what, in its turn, results in an insufficient level of income of local inhabitants.

Lithuania recently with support of the European Union started activity aimed at smoothing social and economical differences of separate regions. This activity has been financed by national funds and funds granted by European Union's special programmes (such as JSPA, SAPARD structural funds, extended PHARE programme) as well.

National and European Union's support for regions could guarantee the maximal effect only if adequate mechanism of distribution and investing of allotted means was used, the more so, as quite a significant part of national budget means has been provided for construction purposes. Constituent of such a support mechanism is evaluation of level of economical and social development of separate regions. Contemporary methods applied for this purpose involve only limited number of indexes and therefore evaluation of level of development of regions lacks complexity. Authors of the article aim to solve this problem.

### 2. Evaluation of regional development in European Union countries

In European Union countries development of regions has been evaluated by so-called contestability indexes. Recently this phenomenon attracts an increased attention. Contestability could be defined as "ability to produce such goods and services, which correspond to standards of international market, and at the same time to maintain invariably high level of income" [2, 3]. Contestability frequently is considered to be a major indicator of economical policy being implemented. In a study performed according to requisition of European Commission per capita GNP has been treated as the main measure of contestability. This indicator has been split into two components:

1) GDP per working capita. It roughly corresponds to the productivity of working force in a region (though doesn't account number of working hours);

2) ratio of general number of actually working inhabitants to number of those able to work age inhabitants, ie level of employment.

In the mentioned above study an increase per capita GDP index of a region is considered to be roughly equal to product of two indexes: productivity and increase of level of employment. It has been supposed that differences of per capita GDP in regions (contestability accordingly) and, finally, differences of economical and social development are stipulated by the following factors:

1) structure of economics, characterized by distribution of employees in various spheres of economy. It has been determined that the higher portion of employees works in the spheres of industry and services the greater GDP per capita can be achieved;

2) level of innovative activity estimated in number of patents;

3) infrastructure of region estimated by indexes of transport net;

4) qualifications of work force estimated by number of employees in an appropriate group of educational level.

### 3. Complex evaluation of regional development

Complex evaluation of regional development is urgent because of several reasons. At first, admitting the fact that contestability of regions depends on number and type of enterprises, characteristics of infrastructure, etc, other features of the whole region stipulating social and economical development shall be considered as well. The other features of a region include: physical and social infrastructure of region, level of investments, criminal situation, etc. Secondly, it can appear that one group of indexes are better for one regions, while other indexes give more favourable characteristics of other regions. The third, impact of various indexes on economic and social development of regions can be different.

The considered problem could be solved by formation of a system of partial indexes adequately reflecting level of various aspects of economical and social development of regions and, after that, by esti-

imating significance of those partial indexes and integrating them into one generalizing indicator. Determination of such generalized index for each Lithuanian region would let to range them according to the level of economical and social development achieved in each of regions.

Authors of this article based their analysis on partial indexes presented in the publication of Department of Statistics "Lithuanian Districts: Economical and Social Development" [4] (Table 1). In order to compare possible methods of complex evaluation of complicated phenomena, economical and social development of regions have been determined by application of the following methods: evaluation according to the sum of places, geometrical mean, sum of values of indexes [5], and also using graphical-analytical [6] and multi-criteria complex proportional evaluation [7, 8].

Evaluation according to the sum of places. It is the simplest method. In this case place of each considered district according to the value of each partial index has to be determined. The sum of places shows the general level of economical-social development of appropriate district in comparison with other districts.

Evaluation according to geometrical mean. An integrated value of  $K_{A_1}$  (Table 2) based on normalized partial indexes has to be determined as follows:

$$K_{A_1} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n C_i K_i}, \quad (1)$$

here  $K_i$  is normalized value of  $i$  partial index;  $C_i$  is significance of  $i$  partial index;  $n$  is number of partial indexes ( $i = 1, \bar{n}$ ).

Evaluation according to a sum of values of partial indexes. An integrated value of  $K_{A_2}$  based on normalized partial indexes has to be determined as follows:

$$K_{A_2} = \sum_{i=1}^n C_i K_i. \quad (2)$$

Graphical-analytical evaluation. It provides a visual reflection of economical and social development of regions. For that purpose pie diagrams in which three variables change: partial indexes, corresponding central angles and radius of circle could be used. Normalization of partial indexes of economical and social development has been performed in the following way:

**Table 1.** Statistical data of economical and social development of Lithuanian regions

No	Indexes	Regions	Alytus	Kaunas	Klaipėda	Marijampolė	Panevėžys	Šiauliai	Tauragė	Telšiai	Utena	Vilnius
		Measured in.										
1.	Balance of migration (per 1000 inhabitants)	number	0,331	0,378	-0,018	-0,887	-0,655	-0,545	-1,131	-0,142	0,517	1,089
2.	Municipality budget revenue (per capita)	thous. litas	1,040	0,938	1,123	1,014	0,950	0,986	1,029	1,052	1,150	0,978
3.	Municipality budget expenditure for social allowances (per capita)	litas	19,95	13,66	16,43	18,60	20,12	26,80	30,60	21,97	17,33	16,33
4.	GDP (per capita)	thous. litas	9,1	11,4	11,9	8,9	10,8	9,4	7,0	9,9	10,3	15,4
5.	Level of unemployment (per year)	%	8,6	4,6	5,1	8,0	7,6	9,0	8,8	6,4	7,0	5,7
6.	Average wages (gross per month)	litas	844	865	950	755	851	807	724	936	982	1061
7.	General useful living space (per capita)	m <sup>2</sup>	22,2	22,5	19,5	19,7	22,8	21,0	21,4	21,0	24,4	19,6
8.	Number of places in pre-school upbringing institutions (per 100 children)	number	88	80	84	71	89	86	79	73	93	86
9.	Number of secondary schools (per 1000 pupils)	number	4,79	3,49	3,72	5,65	4,69	4,22	5,79	4,41	5,29	3,29
10.	Cattle-breeding production evaluated in milk (per 100 ha)	100 kg	1314	1189	1133	1252	1039	1143	1289	1084	943	1428
11.	Sold production without VAT and excises (per capita)	litas	4847,2	4708,8	5445,5	2782,1	5185,6	2548,5	847,3	2009,5	2681,7	3284,2
12.	Retail turnover (per capita)	litas	1927,0	4999,5	3917,9	2904,1	2870,8	3410,2	2306,3	4177,8	2078,4	6776,3
13.	Material investments (per capita)	litas	1138,3	1393,2	3294,1	737,5	1489,0	949,1	356,3	2144,2	1440,0	2457,3
14.	Volume of construction work (per capita)	litas	820,3	916,4	1003,9	437,9	848,7	546,0	202,3	1166,3	900,2	1248,0
15.	Investments in housing (per capita)	litas	109,31	143,03	97,50	109,31	102,77	83,26	110,53	85,12	84,25	225,97
16.	Number of bed-days in municipality houses as relief for homeless (per 1000 inhabitants)	number	16,62	16,12	73,63	8,27	6,12	9,24	4,78	7,28	9,57	53,46
17.	Number of registered crimes(per 1000 inhabitants)	number	135	215	245	174	216	176	172	154	135	250

a) when situation improves while value of partial index increases:

$$K_{+j}^1 = \frac{K_i}{\max K_i}, \quad (3)$$

b) when situation gets worse while value of partial index decreases:

$$K_{-j}^1 = \frac{\min K_i}{K_i}, \quad (4)$$

here  $K_i$  is value of  $i$  partial index;  $\max K_i$  is the greatest value of  $n$  ( $i=1, \bar{n}$ ) partial indexes;  $\min K_i$  is the same, the lowest value.

Indexes with minus sign are also possible. In such case its' recalculated values have been determined:

$$\tilde{K}_i = K_i + |\min K_i| + 1, \text{ ie} \quad (5)$$

$$\min K_i \Rightarrow \tilde{x}_i = 1$$

$$(K_i < 0).$$

Integrated index  $K_{A_3}$  would be equal to:

$$K_{A_3} = \sum_{i=1}^n S_i = \frac{\pi}{n} \sum_{i=1}^n K_i^2, \quad (6)$$

here  $S_i$  is area of circle, which radius is equal to  $K_i$ .

Multi-criteria complex proportional evaluation. In this case priorities of economical and social development of the examined regions directly and proportionally depends on values and significances of appropriate

partial indexes. Methods of determining priorities has been thoroughly described in books [6, 7].

Calculations performed by all five presented above methods of complex evolution have shown the following range of Lithuanian districts corresponding to its economical and social development (Table 2).

Results presented in the table shall play the key role in estimating the efficiency of planning funds (especially of foreign origin) to be implemented into development of regions. In project PHARE 2000 "Social and economical union" 14 million euros have been fixed to be directed into districts of Klaipėda, Tauragė, Marijampolė and Utena.

The presented calculations show that districts of Marijampolė and Tauragė are really lagging behind. Keeping in mind the results, inclusion of districts of Klaipėda and Utena into the list of the mostly supported ones could be treated as ungrounded, because those districts have achieved a greater level of development comparing with such regions as districts of Šiauliai and Panevėžys. Possibly, the distribution of structural funds of European Union has been made considering only general benefit of a country as a whole.

The analysis also shows that hardly any positive relationship could be traced between economical-social development of regions and expenditures of state budget for construction purposes. That once more confirms conclusion about uneven distribution of national budget means.

**Table 2.** Results of complex evaluation of social and economical development of Lithuanian districts

Methods of evaluation of economical and social development of districts	Districts									
	Alytus	Kaunas	Klaipėda	Marijampolė	Panevėžys	Šiauliai	Tauragė	Telšiai	Utena	Vilnius
According to the sum of places	4-5	4-5	3	9	7	8	10	6	2	1
According to geometrical mean	4	3	2	9	7	8	10	5	6	1
According to sum of values of partial indexes	4	3	2	9	7	8	10	5	6	1
Graphical-analytical	5	4	2	10	7	8	9	6	3	1
Multi-criteria complex proportional	6	3	2	9	5	8	10	4	7	1
Total	23,5	17,5	11,0	46,0	33,0	40,0	49,0	26,0	24,0	5,0
Place	4	3	2	9	7	8	10	6	5	1

On the basis of the presented data (Table 2) comparison of received results with the criterion used by European Commission – GDP per capita – could be done. This comparison has been performed by application of the following formula:

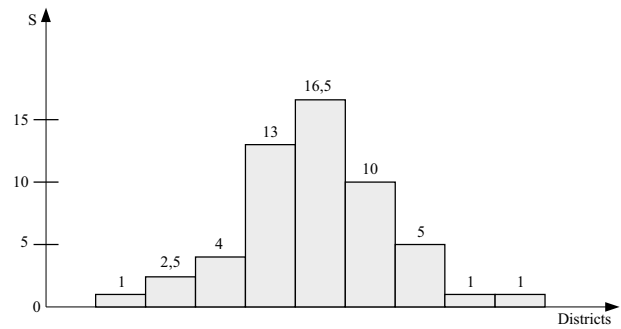
$$S_i = \sum_{i=1}^{n-1} / P_{iBVP} - P_{ij} / , \quad (7)$$

here  $S_i$  are results of comparison of development of  $i$  region estimated in GDP per capita and estimated by method of complex evaluation;

$P_{BVP}$  is place of development of  $i$  region estimated in GDP per capita ( $i = 1, n$ );

$P_{ij}$  – place of development of  $i$  region estimated by  $j$  method of complex evaluation.

The presented comparison shows that application of index used by European Commission (GDP per capita) for evaluating of economical and social development of regions is recommended only for determination of ultimate cases, ie for the mostly developed regions and for mostly lagging behind ones (Table 3 and Fig 1). So this index is applicable for distribution of foreign investments from various appropriate funds. As concerns local investments, including investments in construction, the considered index does not provide enough accurate results, so methods of multi-criteria complex evaluation in this case would be more adequate.



**Fig 1.** Graphical interpretation of results of comparison of social and economical development of Lithuanian regions estimated by method of complex evaluation and estimated in GDP per capita

#### 4. Conclusions

1. The recently used methods of complex evaluation of economical and social development of regions should be accomplished because they do not account all factors stipulating this development and do not provide ways how to integrate them into a complex indicator.

2. Economical and social development of regions can be estimated by the following methods: according to the sum of places, geometrical mean, and also by methods of graphical-analytical and of multi-criteria complex proportional evaluation.

3. Results of complex evaluation of economical and social development of Lithuanian regions have shown that the mostly lagging behind are districts of

**Table 3.** Results of comparison of social and economical development of Lithuanian regions estimated by method of complex evaluation and estimated in GDP per capita

Methods of evaluation of economical and social development of districts	Districts									
	Vilnius	Klaipėda	Kaunas	Telšiai	Panevėžys	Alytus	Utena	Šiauliai	Marijampolė	Tauragė
According to the sum of places	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
According to geometrical mean	1	3	4-5	6	7	4-5	2	8	9	10
According to the sum of values of partial indexes	1	2	3	5	7	4	6	8	9	10
Graphical-analytical	1	2	3	5	7	4	6	8	9	10
Multi-criteria complex proportional	1	2	4	6	7	5	3	8	10	9
GDP (per capita)	1	2	3	6	4	8	5	7	9	10
	0	1	2,5	4	13	16,5	9	5	1	1

Tauragė, Marijampolė, Šiauliai and Panevėžys, while the mostly developed districts are Vilnius, Klaipėda, Kaunas and Alytus.

4. Distribution of the so-called structural funds of European Union among regions do not completely correspond to the achieved level of their development.

5. Special state budget expenditures did not correspond to the level of economical and social development of Lithuanian regions.

## References

1. Lietuvos Respublikos Ūkio ministerija. Verslo plėtra: nuomonės, tendencijos, problemos. Vilnius: Metodinis leidybinis centras, 1999, p. 14–28.
2. Kauno technologijos universitetas. Probleminių regionų kriterijų nustatymas. Kaunas, 1999, p. 7–24.
3. H. Armstrong. Community Regional Policy. London: Printer Publishers, 1997, p. 167–168.
4. Lietuvos apskritys: ekonominė ir socialinė raida / Statistikos departamentas. Vilnius: Statistika, 1999, p. 30–314.
5. В. И. Моисеев, Д. В. Терехин, С. Н. Цыганков / Под ред. В. И. Терехина. Финансовое управление фирмой. Москва: ОАО Экономика, 1998. 350 с.
6. R. Ginevičius, V. Podviezko. Statybos įmonių komercinės-ūkinės veiklos efektyvumo kompleksinis įvertinimas // Statyba, VI t., Nr. 4. Vilnius: Technika, 2000, p. 278–288.
7. E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas. Pastatų sistemotechninis įvertinimas. Vilnius: Technika, 1996. 280 p.
8. E. Zavadskas, O. Kaplinski, A. Kaklauskas, J. Brzezinski. Expert systems in construction Industry. Trends, potential & applications. Vilnius: Technika, 1995. 180 p.

Įteikta 2001 05 03

## KOMPLEKSINIS SOCIALINĖS-EKONOMINĖS PLĖTROS ĮVERTINIMAS LIETUVOS REGIONUOSE

**R. Ginevičius, V. Podviezko**

### S a n t r a u k a

Pereinant prie rinkos ekonomikos, išryškėja didelė diferenciacija tarp atskirų šalies regionų. Tai sukelia didelę socia-

linę įtampą, nukenčia investicijų kryptingumas, taip pat investuojant ir į statybą, kuriai reikia nemažos investicijų dalies.

Pagrindas regiono investicijoms – jo socialinė ir ekonominė plėtra. Šiuo metu Europos Sąjungos Komisijos siūlymu ji įvertinama, atsižvelgiant į regiono konkurencingumą, kurio konkreti išraiška – bendrasis vidaus produktas, tenkantis vienam regiono gyventojui. Kyla klausimas, ar šis rodiklis pakankamai objektyviai atspindi faktišką regionų socialinę-ekonominę plėtrą?

Regiono socialinę-ekonominę plėtrą galima apibūdinti įvairiais aspektais, veiksniais, į kuriuos galima žiūrėti kaip į dalinius kompleksinio dydžio rodiklius. Jų veikimo pobūdis yra nevienodas, kartais netgi prieštaringas, be to, jie išreiškiami pačiais įvairiausiais mato vienetais. Taigi turime uždavinį, kurį galime spręsti taikydami daugiakriterinius įvertinimo metodus.

Sprendžiant šį uždavinį, dalinių rodiklių reikšmės imamos iš oficialių šaltinių, o jų reikšmingumai nustatomi taikant ekspertinius įvertinimus.

Atlikus skaičiavimus ir jų rezultatus palyginus su bendrojo vidaus produkto, tenkančio vienam gyventojui, rodikliu, paaiškėjo, kad remiantis Europos Sąjungos Komisijos siūlomu rodikliu nustatomi tik labiausiai išsivystę ir labiausiai atsilikę regionai, todėl tai yra pateisinama skirstant Europos Sąjungos fondus. Vidaus valstybinėms investicijoms paskirstyti tarp regionų tokio vertinimo neužtenka, jis netikslus. Tikslinga taikyti straipsnyje nagrinėjamus daugiakriterinius įvertinimo būdus.

.....  
**Romualdas GINEVIČIUS.** Doctor Habil, Professor. Dean of Business Management Faculty. Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: vstud@vv.vtu.lt

Doctor (1975). Doctor Habil (1997, VGTU). Author of 10 books, monographs, about 150 research articles published in Lithuania and abroad. Member of International Academy of Information, Member of Lithuanian Committee for Research Prizes. Research interests: market economy, theory of organisations.

.....  
**Valentinas PODVIEZKO.** Doctor, Associate Professor. Dept of Mathematical Statistics. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: lsaulis@rasa.vtu.lt

Doctor (1984). Author and co-author of over 40 publications. Research interests: sampling and forecasting models in economics.

## THE HIERARCHY OF DECISION-MAKING CRITERIA IN CONCRETING AT LOW TEMPERATURES

J. Paslawski

Poznań University of Technology

### 1. Introduction

Special procedures are required in concreting at low temperatures [1]. Most commonly, it is the objective to reach sufficient freezing resistance as soon as possible. On the other hand, what should be another objective in making technology related decisions, specifically in the case of traffic engineering (bridges, viaducts, etc), is the durability of the concrete layer [2]. Over the past several years, durability has become more and more important as a criterion in selecting materials and technologies in the building industry [3]. Owing to economic changes taking place, the issues of quality and long-term guarantees have become the key to effective management. Selection of appropriate materials based on such criteria as their strength and durability will inevitably influence the service life of a building structure as well its maintenance costs [4].

In this paper, the author deals with the problem of making technology related decisions in concreting at low temperatures, considering the freezing resistance of concrete (*conditio sine qua non*) and durability related criteria such as loss of strength and loss of weight.

### 2. The problem

Concreting at low temperatures is not a novelty. A number of methods are known in the art that enable the process despite natural obstacles. A few of them will now be indicated:

- hot components (building in portions of hot concrete);
- thermal insulation of concrete mixes from weather conditions upon application;
- heating (using a variety of heating devices to heat the concrete in the maturing step);

- modification of concrete with admixtures to enable concreting at low temperatures.

Specifically, modification of concrete has become an unusually attractive technology due to the extraordinary progress observed in the building chemistry. One of the factors behind is lowered costs of modification thanks to the admixtures having become less expensive while the costs of energy are becoming higher and higher, which accounts for the growing popularity of the technology.

The problem to be considered in this paper pertains to making technology related decisions in building highways of concrete, at conditions that are generally regarded as disadvantageous (below +5°C) but not during long periods of freezing temperatures. It is of greatest importance at such conditions to obtain concretes with sufficient compression strength, enabling freezing resistance to be obtained. It is a *conditio sine qua non* for accepting the technology and, while being widely discussed in other sources, this technology need not be explained in detail in this paper [5].

It will do to briefly discuss a few examples, showing the findings of studies on the efficiency of concrete modification with an admixture, enabling application at low temperatures. For example, in the graph shown in Fig 1, compression strength of a concrete mix was compared during the initial period of its maturation (24 to 48 hours), showing differences enabling the modifier dosage to be established at a certain level.

What remains to be done is to evaluate the modification technology in respect of durability properties of the concrete, expected to provide a concrete structure with long service life, without adding to its operating costs.



### 3. Standards for durability of concrete

The limiting value of durability is the time when the limit of a given operating quality has been achieved. In the example for concrete [6], two elements were selected for consideration in respect of their changes following a period of simulated operation in laboratory conditions

- compression strength of concrete (Fig 2);
- changes in weight (Fig 3).

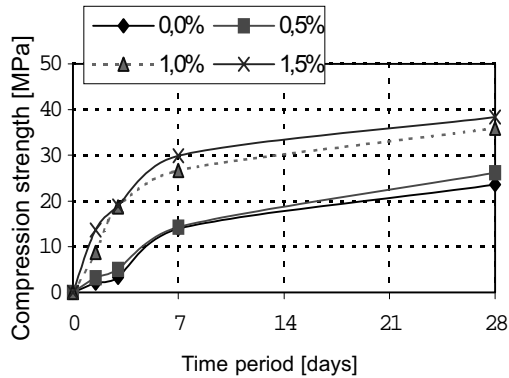


Fig 1. Compression strength of modified concrete

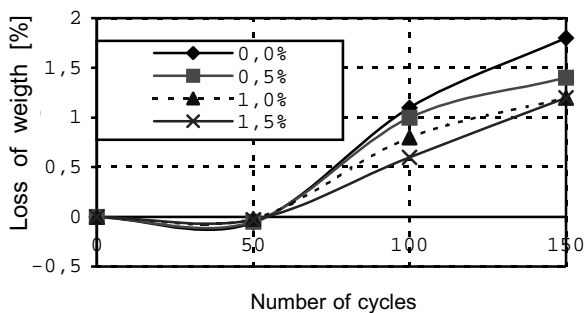


Fig 2. Weight loss of modified concrete (accelerated ageing)

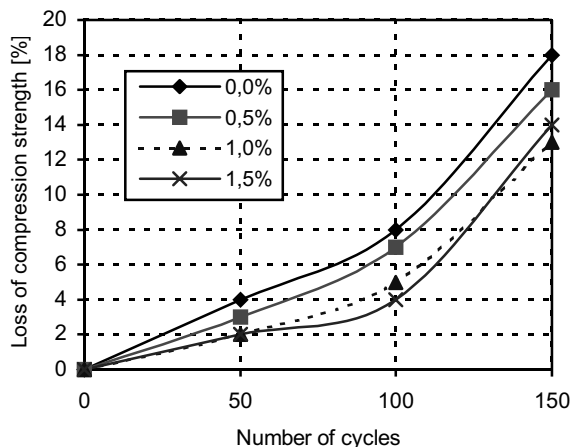


Fig 3. Loss of compression strength of a modified concrete

According to Polish Standard [6], loss of compression strength of concrete following a given number of freeze-thaw cycles, compared to the same parameter for a sample matured at natural conditions may be a maximum of 20%; the weight loss for the same two samples of concrete as above may be a maximum of 5%. In the light of the above considerations on determination of durability properties of concrete, it seems that a certain procedure should be adopted for comparison of the durability of modified concretes. Such procedure is proposed in the following:

#### 1. Assumptions:

- user's requirements;
- operating conditions of the material in the structure;
- application properties of material;
- criteria of application properties;
- application properties.

#### 2. Analysis of degradation mechanism:

- identification of a degradation mechanism;
- identification of the type and extent of degradation;
- determination of degradation indicators;
- selection of a technique to include application properties in ageing tests.

#### 3. Laboratory tests:

- studies to determine the predicted service life of concrete and characterize the dependence of its degradation range on environmental conditions;
- determination of the type and extent of degradation indicators.

#### 4. Interpretation of results:

- determination of the usefulness of material in specific conditions;
- attempt to evaluate the predicted limiting number of cycles, based on developed mathematical models.

While attempting to predict the service life of concrete, enough attention should be paid to considerable differences in exposures of concrete to temperature fluctuation cycles around 0°C. It is estimated that, while more than 50 freeze-thaw cycles occur annually in the USA, just a single freeze-thaw cycle per year is observed in the Far North [7]. Consequently, it seems that concrete is a material with unusually wide range

of application and the resulting variability of its operating conditions practically prevent the possibility of expressing durability of concrete in units of time such as months or years, as suggested in documents where procedures for determination of expected service life of materials are provided [1, 3]. Requirements regarding durability of concrete should be defined in technical specifications, based on analysis of operating conditions by design engineers.

#### 4. Hierarchical model of decision-making

While analyzing a variety of decision-making models, applicable in this case of technology related decisions [2] in concreting, it seems that typical decision-making models, such as decision tree analysis, linear programming, game theory or multi-criterion analysis, are in their classical forms based on an automatic decision-making scenario. What seems more desirable under the circumstances, is a procedure of hierarchical decision analysis, which is based on a dialogue scenario, enabling decisions to be immediately tracked on the specific levels of decision-making analysis.

What is particularly important in hierarchical decision analysis is the criterion of reaching sufficient freeze resistance in a relatively short period of time. Criteria typically connected with durability, such as loss of weight and loss of compression strength, both related to freeze resistance, and such criteria as water permeability and absorbability should be considered as a next step. Among the criteria mentioned above, freeze resistance alone has an element related to passage of time (simulation of ageing process).

The next level of decision-making includes analysis of economic criteria, that is not only the costs of reaching freeze resistance and the selected durability properties but also maintenance costs in the context of using the material (concrete) in specific application conditions. In traffic engineering, it seems specifically desirable to use surface protection techniques to improve durability of concrete.

#### 5. Conclusions

The following conclusions are arrived at from the models of technology related decision-making, as presented in this paper:

- It is advisable to employ a hierarchical model in making technology related decisions in concreting;

- The following elements should be included in the hierarchical model for making technology related decisions in concreting:

- freeze resistance criterion (related to reaching high enough freeze resistance at an early stage),
- durability in terms of freeze resistance (loss of weight and loss of compression strength, as well as water permeability and absorbability);
- criterion of maintenance costs, in connection with the use of surface protection products.

In considering the durability of concretes, the requirement for having to predict the service life of concrete in units of time such as months or years can hardly be accepted. On the other hand, the proposed procedure enables comparison of various samples of modified concretes, while changing just a single parameter, for instance, the level of admixture dosage.

#### References

1. Systematic methodology for service life prediction of building materials and components // Rilem Recommendations. Materials and Structures, 1989, 22, p. 385–392.
2. O. Kapliński. Modelling of construction process. A managerial approach. Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, Warszawa 1997. 175 s.
3. Z. Ściślewski. Zasady projektowania budynków i budowli z uwzględnieniem trwałości. Wydawnictwa Instytutu Techniki Budowlanej, Warszawa, 1994. 47 s.
4. G. Fagerlund. Trwałość konstrukcji betonowych. Arkady Warszawa, 1997. 93 s.
5. J. Paślowski. Some aspects of risk management in construction // 1-ers Ateliers de recherche “Precevoir, identifier et gerer les risques en marketing”. Universite Paris 1 – Pantheon-Sorbonne. Paris 2000, p. 29–42.
6. PN-88/B-06250 Beton zwykły.
7. A. M. Neville. Właściwości betonu. Polski Cement, Kraków, 2000. 499 s.

Įteikta 2001 05 05

#### SPRENDIMŲ PRIĖMIMO KRITERIJŲ HIERARCHIJA ATLIKANT BETONAVIMO DARBUS ŽEMOSE TEMPERATŪROSE

J. Paślowski

Santrauka

Betonojant žemose temperatūrose būtina naudoti specialias priemones. Svarbu yra parinkti medžiagas ir technologijas.

Nagrinėjami sprendimai, susiję su betonavimo darbais žemose temperatūrose. Reikia įvertinti ne tik betono pasipriešinimą užšalimui, bet ir daugybę kitų veiksnių. Statyboje svarbiausia yra ilgaamžiškumas. Lenkijos standartuose reikalaujama atlikti betono svorio nuostolių ir betono atsparumo gniuždymui sumažėjimo testus. Straipsnyje pateikti testų, atliekamų su betono bandiniais, pagamintais su modifikatoriais ir be jų, pavyzdžiai.

Racionaliai betono sudėčiai ir betonavimo technologijai nustatyti gali būti taikoma sintezės analizė, linijinis programavimas, lošimo teorija. Efektyvesnė yra hierarchinių sprendimų

analizė. Aprašyti pagrindiniai sintezės analizės realizavimo etapai.

.....

**Jerzy PASŁAWSKI**, PhD, Associate Professor. Institute of Building Structures. Poznań University of Technology, PL 61-699 Poznan, ul. Piotrowo 5, Poland.

E-mail: jerzy.paslawski@put.poznan.pl

PhD (1994). Supervisor of laboratory for concrete quality for task BY-PASS POZNAN A2 – new highway near Poznan. Research interests: computer-aided systems for concrete technology decisions, numerical simulation of concrete.

## MULTI-CRITERION ASSESSMENT OF ECONOMIC AND FINANCIAL CONDITION OF SELECTED CONSTRUCTION COMPANIES IN POLAND

W. Meszek, T. Thiel

*Poznań University of Technology*

### 1. Introduction

Total assessment of economic and financial condition of construction companies is a relatively complex procedure which involves application of a number of indices, and the knowledge of their interrelations and interreactions. In practice, such an assessment is performed by means of a variety of sets of indices, which are often changed and that, in consequence, makes it difficult to draw conclusions and perform assessments. It transpired, on many occasions, that using a relatively big number of indices blurs the image and makes it difficult to reach a final decision.

Due to the existence of the problems indicated above, a number of simplified methods got into the circulation which are not only fit to assess the condition of individual companies, but also to draw comparisons between them. Those methods are based on certain synthetic indices (examples listed in section 2), the usefulness of which has, in many cases, been a subject of many years of research.

There are some contexts, nevertheless, where popular synthetic indices do not meet the expectations of the analyst. This is particularly true about the assessment of a small number of companies which, when ordered according to a given index, present themselves in a different order than expected, often not in keeping with the preferences of the analyst. In such cases, it is important and useful to have an instrument of analysis in hand which, basing on the presupposed order of preference for a selected group of companies, and on known economic and financial parameters (or individual indices) might make it possible to widen the scope of analysis and make it applicable in order to enable broadening of the analysis on a set of any size, according to the preferences of the analyst.

In order to test the appropriateness of results arrived at by means of such an instrument, the authors suggested and used a procedure based on the following:

- ordering of the companies, according to a selected synthetic index,
- choosing a random (small) group of companies, and assuming that the order they are in (basing on the synthetic index used) reflects the analyst preferences,
- analysing the whole group of companies using a multi-criterion approach,
- comparing that order from the point of view of a synthetic index, and from the point of view of multi-criterion analysis.

### 2. Assessment of the economic and financial condition of selected construction companies using the Altman Model

There is a number of indices used in synthetic assessment of the economic and financial condition of companies and organisations, many of which are used in assessing foreseeable bankruptcies.

Those indices are based on groups of selected specific indices, and the final assessment of the economic and financial condition is performed according to one of the following procedures:

- a) attaching a set of specific indices to one of the model variants which defines the economic and financial condition of a company, in accordance with a presupposed rating and scale,
- b) calculating a synthetic index (as a single value) using weights attached to individual specific indices, and identifying a category resulting from the assumed rating and scale; a set of the defined weights which describe the relationships within the calculation is

usually referred to as multiple discriminate analysis.

The examples of synthetic indices used in the context of developed market economy, also as a result of positive tests of coherence with real condition of the analysed companies (in a complex approach) and businesses are as follows:

- for procedure (a): the so-called Quick-Test [1],
- for procedure (b): the so-called Simplified Discrimination Analysis Index, Springate's G.L.V. Model, and the Altman Model [2]

In particular, the Altman Model – based on the specific indices listed below – is well known and widely used:

- turnover capital share in the assets index ( $X_1$ ),
- kept profit share in the assets index ( $X_2$ ),
- gross profit share (before interest) in the assets index ( $X_3$ ),
- market value of shares capital to the value of due payments index ( $X_4$ ),
- assets rotation index ( $X_5$ ).

With the appropriate function of discrimination, this model takes the following form:

$$Z = 1,2 \cdot X_1 + 1,4 \cdot X_2 + 3,3 \cdot X_3 + 0,6 \cdot X_4 + 1,0 \cdot X_5. \quad (1)$$

Attempts have also been made to modify the indices, taking into consideration the specific Polish context. The J. Gajdka and D. Stos [3] Model has been quite popular as a modification of the Altman Model.

This paper uses the Altman Model, with the reservation of using some more detailed definitions of certain financial categories (for example, of the kept profit, or gross profit before interest) which, in view of Polish book-keeping procedures, might be burdened with lack of precision. In the effect of this reservation, the Altman Model indices have been assumed to be as follows:

$$X_1 = \frac{\text{current assets} - \text{short-term liabilities}}{\text{assets}} \quad (2)$$

$$X_2 = \frac{\text{net profit}}{\text{assets}} \quad (3)$$

$$X_3 = \frac{\text{operating profit}}{\text{assets}} \quad (4)$$

$$X_4 = \frac{\text{share capital}}{\text{liabilities}} \quad (5)$$

$$X_5 = \frac{\text{net revenue from sales}}{\text{assets}} \quad (6)$$

The Altman Model, in the version presented above, has been used to order (from the viewpoint of their economic and financial condition) a group of 34 Polish building companies listed in the Warsaw Securities Exchange. The process of analysis is presented in Table 1 (the data reflect the condition of the companies as of the end of 1999 [4]). The table also contains the final ranking, based on the Altman Index value.

### 3. Application of the selected multi-criterion analysis method in the assessment of the economic and financial condition of construction companies

#### 3.1. Selection of the method

In the analysed problem all the criteria in question are of quantitative character. With respect to each criterion, the difference in value for any given pair of variants is crucial for the decision maker. In effect, there is no modelling of preferences with regard to a single criterion which, in turn, means that those are true criteria. Moreover, what is important for the decision maker, is the "distances" occurring in the final assessment between all the variants are compared. Therefore, it has been assumed that the function oriented model will best suit the needs of the decision maker's preferences modelling. This was a basis for choosing the UTA method [5], which is applied to the utility function. Within the method, the comparison of variants and their final ranking boils down to comparing the values attached to individual variants within the framework of the function. The UTA method has been qualified as one of the multi-criterion methods, where compensation logic of aggregation is used in very small extent, and where the final result is arrived at directly, ie basing on the global model of preferences, without using any additional procedures [6].

#### 3.2. Description of the UTA method [5]

In the UTA method, it is the additive utility function, which is a special case of a utility function that constitutes the global model of preferences (GMP). The form of the additive function can be recorded as follows:

$$U(g) = \sum_{i=1}^n u_i(g_i), \quad (7)$$

where  $n$  is the number of criteria,  $g_i$  is the assessment of an variant with regard to criterion  $i$ , and  $u_i(g_i)$  is the partial utility.

This function must reflect the decision maker's preferences. The UTA method is aimed at finding such a function. The method consists of two phases: a phase of disaggregation and a phase of aggregation. During the disaggregation phase, the additive utility function is constructed (in a normalised form). The decision maker's preferences regarding the selected variants, which themselves become a reference set, constitute the basis of this construction. Applying the preference relation (P), and indifference relation (I), the decision maker defines a complete pre-order on this set which is a reflection of his preferences. Basing on the pre-order which has been arrived at, the utility function  $U(g)$  is also designed which will be in keeping with the pre-order. The  $U(g)$  function, thanks to the  $R = P \cup I$  relation, reflects the complete pre-order in the set of admissible variants. The technique of designing the utility function, which is based on complete pre-order established by the decision maker on a set (sample) of variants, is called ordinal regression. If such a function exists, it can be applied with regard to the whole set of variants and, consequently, arrived at the final ranking of all variants. Using ordinal regression helps to define the additive utility functions which have the maximum concordance with the subjective ordering introduced by the decision maker for the set of referential variants  $A'$ . An additional variable,  $\sigma(a) \geq 0$ , is introduced for every variant  $a$  being part of the reference set, which represents the estimation error when the utility function is defined. The utility function reflecting complete pre-ordering on the set of referential variants  $A'$  takes the following form:

$$U'(a) = \sum_{i=1}^n u_i[g_i(a)] + \sigma(a) \quad \text{for all } a \in A', \quad (8)$$

where  $a$  is an variant from the set of referential variants, and  $A'$  is a set of referential variants, while  $i$  is a number of criteria describing the problem,  $u_i[g_i(a)]$  represents partial utility of the  $a$  variant from the standpoint of the  $i$  criterion,  $\sigma(a)$  represents the estimation error for the  $a$  variant.

The utility function which is searched for is arrived at by solving a linear programming problem which

minimises the sum of estimation errors with regard to individual variants.

The target function represented by the following formula:

$$\min F = \sum_{a \in A'} \sigma(a) \quad (9)$$

and its limitations have been presented in [5] and [7]. As to the target function represented by formula (9), the limitations are as follows:

- normalisation related to the additive function,
- describing the complete pre-order in the set of referential variants, established by the decision maker,
- related to the assumption of monotone character of preferences with respect to every criterion, and
- related to the requirements of non-negativity of the decision variables.

The limitations listed above guarantee a match of appropriate characteristics for an additive utility function, which is searched for. This function has the following qualities:

- it enables arriving at normalised utility values;
- it is concordant with the decision maker's preferences, defined on the set of referential variants;
- it assures the monotone character of the preferences with respect to every criterion;
- it contains a minimum utility estimation error (itself being a sum of all errors).

It is assumed that function of partial utility is linear in intervals. If this is the case, the functions of partial utilities, which are linear in intervals, must be monotone in character and non-decreasing, and then  $\alpha_i$ , therefore a number of characteristic points (maximum 5) are given for each criterion. The values of assessment in characteristic points for  $i$ -th criterion, the partial utility for one criterion, and the values of utility for a given variant can be described according to formulae provided in [5], [7].

Due to the number of limitations and variables, the dual problem is solved with relation to the problem presented above. As a result, the optimum function of utility  $U^*(g)$  is arrived at (in the sense of a minimum of the sum of errors) which constitutes a numerical representation of  $R^*$  relation. In order to perform the assessment of concordance and utility of  $U^*(g)$  and  $R^*$  relation which it has introduced (estab-

**Table 1.** Assessment of the economic and financial condition of construction companies and their ranking, based on the Altman Index (data in mln PLN)

Lp	Company	Assets	Current assets	Short-term liabilities	Net profit	Gross profit	Operating profit	Liabilities	Net revenue from sales	Share capital	Index X <sub>1</sub>	Index X <sub>2</sub>	Index X <sub>3</sub>	Index X <sub>4</sub>	Index X <sub>5</sub>	Synthetic Altman Index Z
											[ - ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]
1.	Mostostal-Plock	66,3	55,0	13,1	7,0	10,3	6,9	14,0	137,0	20,0	0,6320	0,1056	0,1041	1,4286	2,0664	4,1731
2.	Hydrobudowa Sl.	44,1	33,8	12,1	3,8	5,8	5,1	12,5	104,3	13,0	0,4921	0,0862	0,1156	1,0400	2,3651	4,0818
3.	Budopol Wroclaw	17,9	15,2	7,6	1,1	1,8	1,4	7,6	48,0	4,5	0,4246	0,0615	0,0782	0,5921	2,6816	3,8905
4.	Projprzem	32,8	23,1	5,5	4,4	6,6	5,8	5,5	51,8	4,6	0,5366	0,1341	0,1768	0,8364	1,5793	3,4963
5.	KPBP BICK	66,9	45,4	28,9	3,1	4,8	5,5	31,0	178,5	6,0	0,2466	0,0463	0,0822	0,1935	2,6682	3,4164
6.	Elektrobudowa	160,8	95,0	55,8	21,3	31,5	33,0	55,8	346,2	9,0	0,2438	0,1325	0,2052	0,1613	2,1530	3,4050
7.	Instal Krakow	65,4	50,4	21,5	6,0	9,7	7,4	22,5	128,0	7,3	0,4419	0,0917	0,1131	0,3244	1,9572	3,1840
8.	Instal Lublin	50,8	38,6	21,5	2,7	4,3	4,2	22,1	109,5	6,1	0,3366	0,0531	0,0827	0,2760	2,1555	3,0723
9.	Hydrobudowa Gd.	60,1	32,6	5,7	1,2	1,4	-2,3	5,9	67,8	14,6	0,4476	0,0200	-0,0383	2,4746	1,1281	3,0516
10.	GPRD	94,6	43,0	35,8	8,4	12,6	12,9	37,6	206,2	7,5	0,0761	0,0888	0,1364	0,1995	2,1797	2,9650
11.	Mitex	223,2	177,7	170,0	19,2	28,9	34,6	170,0	465,8	19,1	0,0345	0,0860	0,1550	0,1124	2,0869	2,8277
12.	Elektromon.-War.	56,2	32,9	11,4	3,0	4,4	3,7	11,6	88,3	8,6	0,3826	0,0534	0,0658	0,7414	1,5712	2,7671
13.	Energopol Polud.	52,9	31,8	17,8	5,1	7,6	7,1	18,7	67,2	8,9	0,2647	0,0964	0,1342	0,4759	1,2703	2,4513
14.	Mostostal-Gdansk	127,0	32,5	53,5	9,3	13,3	11,0	58,9	262,1	10,0	-0,1654	0,0732	0,0866	0,1698	2,0638	2,3556
15.	Energomon.-Pold.	97,9	50,0	23,3	2,2	5,2	6,9	26,2	147,7	11,0	0,2727	0,0225	0,0705	0,4198	1,5087	2,3519
16.	Energomon.-Poln.	179,6	112,1	47,3	4,6	7,9	6,4	47,3	225,7	37,2	0,3608	0,0256	0,0356	0,7865	1,2567	2,3150
17.	Pemug	78,1	49,3	26,5	4,9	6,7	7,9	29,8	100,0	9,7	0,2919	0,0627	0,1012	0,3255	1,2804	2,2477
18.	Prochem	80,3	57,8	32,6	4,3	6,7	4,4	35,8	122,2	5,0	0,3138	0,0535	0,0548	0,1397	1,5218	2,2380
19.	Polnord	73,4	47,6	37,1	3,3	5,4	5,9	38,9	119,6	3,4	0,1431	0,0450	0,0804	0,0874	1,6294	2,1817
20.	Mostostal-Krakow	164,6	91,9	84,0	9,4	13,1	9,7	87,1	247,0	28,0	0,0480	0,0571	0,0589	0,3215	1,5006	2,0255
21.	PIA Piasecki	173,0	115,1	100,1	6,9	10,3	16,5	119,6	251,4	12,7	0,0867	0,0399	0,0954	0,1062	1,4532	1,9915
22.	Mostostal-Zabrze	278,6	118,3	120,3	22,1	28,8	20,3	136,3	441,4	13,3	-0,0072	0,0793	0,0729	0,0976	1,5844	1,9858
23.	Mostatostal-War.	312,9	168,4	95,0	0,1	0,5	0,7	109,7	481,6	10,0	0,2346	0,0003	0,0022	0,0912	1,5391	1,8832
24.	Pekabex	66,6	29,5	20,5	1,2	2,5	2,6	27,4	96,0	4,3	0,1351	0,0180	0,0390	0,1569	1,4414	1,8518
25.	Naftobudowa	71,4	24,5	30,7	3,6	5,8	5,4	31,1	101,7	5,8	-0,0868	0,0504	0,0756	0,1865	1,4244	1,7522
26.	Energoaparatura	34,1	20,8	10,5	-8,4	-8,4	-6,6	11,9	71,8	3,1	0,3021	-0,2463	-0,1935	0,2605	2,1056	1,6408
27.	Budimex	584,2	197,5	140,7	24,8	29,2	24,8	186,5	536,9	99,0	0,0972	0,0425	0,0425	0,5308	0,9190	1,5537
28.	Mostostal-Export	523,6	296,3	166,9	31,5	41,4	17,9	266,9	388,1	45,9	0,2471	0,0602	0,0342	0,1720	0,7412	1,3380
29.	Exbud	738,7	334,8	289,5	24,8	42,3	28,4	314,2	652,2	75,0	0,0613	0,0336	0,0384	0,2387	0,8829	1,2736
30.	Echo Investment	547,2	269,0	296,2	42,6	61,9	64,8	322,8	304,0	7,0	-0,0497	0,0779	0,1184	0,0217	0,5556	1,0087
31.	Beton Stal	167,9	84,8	91,9	1,4	2,1	8,4	121,9	128,4	15,3	-0,0423	0,0083	0,0500	0,1255	0,7647	0,9661
32.	Euro Bud Inwest	36,3	25,9	26,0	0,1	0,4	2,3	26,0	17,6	6,3	-0,0028	0,0028	0,0634	0,2423	0,4848	0,8399
33.	Elektromon.-Exp.	91,3	33,9	38,5	-3,5	-3,5	2,0	54,5	57,0	10,7	-0,0504	-0,0383	0,0219	0,1963	0,6243	0,7003
34.	Espebepe	51,3	20,9	40,0	2,4	2,4	-0,1	55,1	49,3	10,8	-0,3723	0,0468	-0,0019	0,1960	0,9610	0,6909

lishing complete pre-order) with  $R$  relation (defined by the decision maker) on the  $A'$  set, Kendall's coefficient  $\tau$  is used

The manner of calculation and application of the index has been presented in [7]. The closer the coefficient to 1, the better the concordance of the two pre-orders. If the full concordance occurs between  $R^*$  and  $R$  relations, then  $\tau=1$  and when  $F^*=0$  (the sum of estimation errors is equal to 0), it signifies that the identified utility function exactly reflects the decision maker's preferences. In other words, it is in keeping with the initial pre-order (the function is concordant with the pre-order in the sense of Kendall's concordance criterion).

It is precisely such a situation that has been applied in "Prefcalc" [8] and [9], a software developed and applied for the needs of the method which is being discussed, and has been used to perform calculations within the framework of the problem analysed in this paper.

Regarding the utility function, which has been arrived at, the values of partial utilities for particular criteria have been presented (the process ends the disaggregation phase). During the aggregation phase, the decision maker can modify partial utilities values by way of changing their optimums, or at the intermediate points, and changing the number of intervals describing a given partial utility.

### 3.3. Information used in UTA method and included in the "Prefcalc" software

In the framework of co-operation with the "Prefcalc" software, having identified a family of criteria describing a given problem, and having selected a set of variants which should be assessed, the decision maker does the following:

- defines maximum and minimum of the borderlines of values which individual criteria may take;
- with regard to individual criteria, the decision maker gives the number of linear intervals which would characterise the functions of partial utilities for those criteria;
- selects a set of referential variants from all variants assumed to be the basis for the multi-criterion assessment;
- makes the assessment of individual variants taken

from the set of referential variants (put into a subjective order by means of the relation of  $R = P \cup I$  . which would constitute a base for establishing a complete pre-order within the set of those variants). The assessment can be carried out according to rank (1,2,3, etc.), or according to a ranking scale (the range of values of assessments from 0,01 to 1,00), retaining the possibility of accepting an ideal and an anti-ideal variant, or – on the other hand – the possibility of rejecting either of those variants. The ideal variant contains the best ratings for individual criteria, whereas the anti-ideal variant contains the worst ratings for individual criteria, taking all variants into consideration;

- the decision maker can modify the functions of partial utilities for individual criteria (arrived at during the phase of disaggregation) or all previously provided information, or – on the other hand – accept the partial utilities within reach and use the utility function which has been arrived at with respect to the set of all variants (aggregation phase). Applying the function with respect to the whole set of variants makes it possible to arrive at the final ranking of variants according to the decreasing values of total utility defined for each variant.

### 4. Results of the calculations

Within the framework of the analysed problem, the Altman Model indices constitute the criteria of evaluation, while construction companies become the set of variants. It has been assumed that attaching ranks valued at 1, 2, 3, ..., k, to individual companies, where k signifies a number of variants, will be the basis of the assessment. The ideal and anti-ideal variants have been incorporated in the assessment. Moreover, it has been assumed that:

- all criteria would be taken into consideration ( $X_i$  indices),
- the functions of partial utilities (for individual indices) will be described by one interval with constant inclination,
- the ranges of variability of values for the accepted criteria will not be altered and, in effect, all variants will be included in the analysis, while minimum and maximum values will be accepted in the calculations on the basis of minimum and maximum values of criteria.



Following a number of attempts, the decision maker has defined a set of referential variants and assessed them, attaching ranks to those variants (taking into account all the criteria). Eventually, the set of variants included in the assessment consists of 12 construction companies, and the ideal and anti-ideal variants (reflecting the best and the worst performing company among all taken into consideration). The order in which this sample of variants took has been presented below, as well as the values of ranks attached to individual companies-variants is as follows:

1. Ideal (1)
2. Hydrobudowa Slask (2)
3. Projprzem (3)
4. Instal Krakow (4)
5. GPRD (5)
6. Elektromontaz – Warszawa (6)
7. Energopol Poludnie (7)
8. Prochem (8)
9. Pekabex (9)
10. Budimex (10)
11. Exbud (11)
12. Beton Stal (12)
13. Espebepe (13)
14. Anty-ideal (14)

Basing on the calculations performed by means of the „Prefcalc” software, the accepted ordering of variants turned out to be concordant with at least one utility function. As a result of a suggestion put forward by the software regarding a definite utility function, the partial utilities values were arrived at with regard to individual criteria. The partial utilities values change in a linear mode within the whole range of variability of values. For the smallest value they are equal to 0 for each criterion, and with regard to the largest value, they are as follows:

- for criterion 1: 0,19 (for the maximum value = 0,63);
- for criterion 2: 0,08 (for the maximum value = 0,13);
- for criterion 3: 0,24 (for the maximum value = 0,21);
- for criterion 4: 0,18 (for the maximum value = 2,48);
- for criterion 5: 0,31 (for the maximum value = 2,68).

Applying the additive utility function for partial utilities assumed to be and approved of as what they are, made it possible to define the value of this function for each of all analysed building companies, and to arrive at the final ranking of the companies, starting

from the best performing one, to the worst performing one. The positions and the values of utility function with regard to all companies have been presented in Table 2.

**Table 2.** The final ranking of construction companies arrived at as the result of application of the UTA method

Position held in the ranking	Construction company	Value of utility function
1	Ideal	1.00
2	Mostostal-Plock	0.77
3	*Hydrobudowa Slask	0.76
4	Budopol Wroclaw	0.73
5	*Projprzem	0.69
6	Elektrobudowa	0.68
7	KPBP BICK	0.66
8	*Instal Krakow	0.64
9	Instal Lublin	0,62
10	*GPRD	0,60
11	Mitex	0,59
12	Hydrobudowa Gdansk	0,58
13	*Elektromontaz-Warszawa	0,57
14	*Energopol Poludnie	0,53
15	Mostostal-Gdansk	0,51
15	Energomontaz-Poludnie	0,51
17	Energomontaz-Polnoc	0,50
17	Pemug	0,50
17	*Prochem	0,50
20	Polnord	0,49
21	Mostostal-Krakow	0,46
21	PIA Piasecki	0,46
21	Mostostal-Zabrze	0,46
24	Mostatostal-Warszawa	0,44
24	*Pekabex	0,44
26	Naftobudowa	0,42
27	*Budimex	0,39
28	Energoparatura	0,38
29	Mostostal-Export	0,36
30	*Exbud	0,35
31	Echo Investment	0,32
32	*Beton Stal	0,31
33	Euro Bud Inwest	0,29
34	Elektromontaz-Export	0,27
35	*Espebepe	0,25
36	Anty-ideal	0,00

\*signifies the companies selected by the decision maker which constitute a set of referential variants whose order in the final ranking is the same as in the ordering assumed by the decision maker.

The final ranking of all construction companies with respect to the assessment of their economic and financial condition which is presented in Table 2 has been judged as the most credible. It is also quite close (nearly identical) to the final result arrived at using the synthetic Altman Index (see section 2, Table 1).

It must be mentioned that both the modifications of values of individual partial utility functions, and the changes in the number of companies and accepting other companies into the set of referential variants, resulted in arriving at final rankings of all assessed companies, which were radically different from the ranking presented in Table 2 and from the results arrived at basing on Altman's synthetic index.

## 5. Conclusions

As a result of the development of institutions and mechanisms of market economy, the demand for analyses and assessments of economic and financial condition of companies grows rapidly. Therefore, simplified methods of assessment become attractive tools, which enable undertaking economic decisions.

A comparison of results arrived at after the application of both methods validates the statement that multi-criterion analysis methods may be useful in assessing economic and financial condition of companies and organisations. Moreover, those methods make room, in every individual case, for taking the decision maker's preferences into account. Therefore, the fact that the procedure described in section 1 is appropriate, has been confirmed.

## References

1. E. Mączyńska. Ocena kondycji przedsiębiorstwa // *Życie Gospodarcze*, Nr 38, 1994.
2. M. Zdyb. Syntetyczna ocena sytuacji finansowej przedsiębiorstwa // *Forum Budowlane*, Nr 12, 1999.
3. M. Zdyb. Controlling kondycji finansowej przedsiębiorstw budowlanych // *Forum Budowlane*, Nr 9, 2000.
4. Almanach Spółek Giełdowych // *PARKIET*, VIII Edycja – Wiosna '2000, Warszawa, 2000.
5. E. Jacquet-Lagrange, J. Siskos. Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision making, the UTA method // *European Journal of Operational Research*, Vol 10, Nr 2, 1982, p. 151–164.
6. T. Thiel. Metodyczne aspekty wielokryterialnego wspomagania decyzji w inżynierii produkcji budowlanej. Dissertation, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska / Politechnika Poznańska, Poznań, 1996.
7. R. Słowiński. Metoda konstrukcji addytywnej funkcji użyteczności i jej zastosowanie do wielokryterialnego programowania liniowego // *Postępy Cybernetyki* 8, Nr 4, 1985, p. 81–91.
8. E. Jacquet-Lagrange. PREFCALC – Evaluation et decision multicriteres, EURO-DECISION, Paris, 1983.
9. E. Jacquet-Lagrange. Interactive assessment of preferences using holistic judgements: the PREFCALC system // *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, Bana e Costa C. Ed. Springer-Verlag, Berlin, 1990, p. 335–350.

Įteikta 2001 04 20

## EKONOMINIS IR FINANSINIS PASIRINKTŲ STATYBOS KOMPANIJŲ LENKIJOS DAUGIAKRITERINIS ĮVERTINIMAS

W. Meszek, T. Thiel

### S a n t r a u k a

Pateikti du statybos kompanijų Lenkijoje įvertinimo metodai. Taikant pirmąjį metodą naudojamas kompleksinis Altmano indeksas. Pasirinktoms kompanijoms buvo nustatyta šio indekso reikšmė. Vertinant antruoju metodu, pasiūlytu autoriaus, pritaikyta naudingumo funkcija (metodas UTA). Šis metodas yra vienas iš daugiakriterinių analizės metodų.

Aprašomas UTA metodas, pradinė informacija ir duomenų bazė, panaudota *Prefcalc* programiniam aprūpinimui. Pateikti programos skaičiavimo rezultatai. Jie palyginti naudojant statybos kompanijų rangavimo abiem metodais reikšmes.

.....  
**Wiesław MESZEK.** Doctor, C.E., Assistant Professor. Institute of Structural Engineering. Poznań University of Technology. Piotrowo 5, 60-965 Poznań, Poland.

PhD (1990). Research interests: organisation, planning and realisation of building processes, construction management, games theory, decision-making and operations research in building production engineering.

.....  
**Tomasz THIEL.** Doctor, C.E., Assistant Professor. Institute of Structural Engineering. Poznań University of Technology. Piotrowo 5, 60-965 Poznań, Poland.

E-mail: tomasz.thiel@put.poznan.pl.

PhD (1997). Research interests: organisation, planning and realisation of building processes, construction management, decision-making, decision aiding and operations research in building production engineering.

## DETERMINING INTEGRATED WEIGHTS OF ATTRIBUTES

L. Ustinovičius

*Vilnius Gediminas Technical University*

### 1. Introduction

In Multiple Attribute Decision-Making (MADM) a decision maker (DM) is often faced with the problem of choosing the alternatives based on multidimensional and inconsistent attributes. The problems of MADM arise in many actual situations [1–4], eg when evaluating the efficiency of technological decisions. To solve this problem such attributes as the time spent, cost, labour expenditures, quality indices of a structure analyzed, etc are taken into account [5, 6]. To evaluate the efficiency of investments in construction such criteria as the duration of the investment project, the risks taken, repay, flows of money, etc are considered [7].

MADM problems have been investigated by many authors but the questions remain in many areas [8–12].

Whatever the approach used in solving MADM problems, the weights of the attributes showing their relative value in solving a particular problem should be determined first. A number of papers [1–14] deal with the ways of determining the weights of attributes and the associated problems.

The above papers may be divided according to subjective or objective approaches used. The weight of attributes was determined on the basis of DM privileged information as well as applying the eigenvector method [14], weighted least square [15], and Delphy methods [1] LINMAP (Linear Programming Techniques for Multidimensional Analysis of Privileged) [16], mathematical programming models [17], etc. It should be noted that the latter technique allows the weights to be determined by computer-aided handling of mathematical models with no privileged information available about any DM including the entropy method [2], multiple objective programming [18], etc.

Subjective and objective approaches have a number of advantages and disadvantages. A subjective approach to determining the weights yields a subjective DM resulting in ranking the alternatives for a MADM problem characterized by more arbitrary values. Since any of the above approaches can not be considered perfect, an integrated approach for determining the weights of attributes may turn out to be more effective. Recently some papers appeared [9, 10, 12] dealing with the problem of integrating subjective (ie qualitative data) and objective (ie quantitative data) information in MADM problems. However, the models obtained are too complicated to be applied. The authors recognize that the problems of integrating subjective and objective information have not been sufficiently studied yet and further research in this area is needed.

The aim of the present paper is the development of a new sufficiently simple method of calculating the integrated values of attribute weights. To determine the attribute weights a two-objective program model based on the integration of a subjective [14] and objective [2, 5] approach is suggested.

### 2. An integrated subjective and objective approach

Let us consider the entropy method to determine the objective weights of attributes.

Let  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$  be a discrete set of alternatives (versions), while  $R = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}$  – a set of attributes (criteria) and  $X = [x_{ij}]_{m \times n}$  – a solution matrix, where  $x_{ij}$  is a numerical value of  $R_j$  in  $S_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ;  $j = 1, 2, \dots, n$ ). Let us also assume that all the values of the original matrix range from 0 to 1 for any criterion to make the measurement uniform. This may be achieved by normalizing any element of matrix  $X = [x_{ij}]_{m \times n}$  into the element of matrix  $\bar{P} = [b_{ij}]_{m \times n}$  from

the formula:

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (1)$$

If analysed factor is minimized, then is used formula:

$$p_{ij} = \frac{1/x_{ij}}{\sum_{i=1}^m 1/x_{ij}}, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

In consequence, matrix  $\overline{P}$  is obtained:

$$\overline{P} = \begin{matrix} & x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{m1} & p_{m2} & \dots & p_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}. \quad (3)$$

Then the entropy level  $E_j$  of every criterion of efficiency is defined by the formula:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}, \quad (i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}), \quad (4)$$

where  $k=1/\ln m$ .

As noted above, the entropy index ranges  $[0,1]$ , therefore:

$$0 \leq E_j \leq 1, \quad (j = \overline{1, n}). \quad (5)$$

The variability of  $j$ -th criterion within the problem solved, ie a number of technological solutions in construction, is determined by:

$$d_j = 1 - E_j, \quad (j = \overline{1, n}). \quad (6)$$

If all the criteria of efficiency are equally important, ie any subjective or expert evaluation has not been made, then the objective weights of the criteria of efficiency may be obtained by the formula as follows:

$$q_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}, \quad (j = \overline{1, n}).$$

or:

$$d_j = q_j \sum_{j=1}^n d_j. \quad (7)$$

In cases, when the subjective weights values are determined by DM specialists or expertise (ie multidimensional efficiency values expressed as weights coefficient  $\overline{q_j} (j = \overline{1, n})$ , then the objective complex weights may be defined as follows:

dimensional efficiency values expressed as weights coefficient  $\overline{q_j} (j = \overline{1, n})$ , then the objective complex weights may be defined as follows:

$$q_j^0 = \frac{\overline{q_j} d_j}{\sum_{j=1}^n \overline{q_j} d_j}, \quad (j = \overline{1, n}).$$

Using formula (6), we get:

$$q_j^0 = \frac{\overline{q_j} q_j \sum_{j=1}^n d_j}{\sum_{j=1}^n \overline{q_j} q_j \sum_{j=1}^n d_j}, \quad (j = \overline{1, n}).$$

or:

$$q_j^0 = \frac{\overline{q_j} q_j}{\sum_{j=1}^n \overline{q_j} q_j}, \quad (j = \overline{1, n}). \quad (8)$$

In further calculations the above value is applied to TOPSIS, SAW, LINMAP, ELEKTRE and other methods determining the rationality of alternatives.

Let us consider a MADM problem with a matrix of the attributes evaluated pairwise which is provided by a rather qualified DM specialist. Pairwise comparison based on the expert evaluation allows to determine the values of the efficiency criteria. The data needed to determine the above values is obtained by comparing the pairs of criteria as to their "priority intensity". To state the priorities a scale of values, suggested by T.Saaty [14], may be used.

Based on the expert-filled questionnaires a table in the form of a questionnaire is developed containing the mean values of the criteria suggested by experts. Then, further mathematical calculations are made.

Let us assume that  $m$  alternatives described by  $n$  criteria are considered. The priority intensity is denoted by  $b_{ij}$ ;  $i, j = \overline{1, n}$ . This means the relationship of the expert estimation of the values of  $i$ -th and  $j$ -th criteria. Assume that all the criteria have been pairwise compared and their numerical priority values determined. The results obtained have been presented as matrix  $B$ :

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

The elements of the matrix satisfy the conditions:

$$b_{ij} > 0, \quad b_{ji} = \frac{1}{b_{ij}}, \quad b_{ii} = 1. \quad (10)$$

It follows that there is no need to compare all the pairs. The evaluation of non-recurrent pairs, the number of which equals  $\frac{n(n-1)}{2}$  is sufficient.

The numerical values of priorities  $\bar{q}_j (j = \overline{1, n})$  may be found by solving an optimization problem as follows:

$$\min \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (b_{ij} \bar{q}_j - \bar{q}_i)^2 \right\}, \quad (11)$$

where the unknowns  $\bar{q}_j (j = \overline{1, n})$  satisfy the constraints:

$$\sum_{j=1}^n \bar{q}_j = 1, \quad \bar{q}_j > 0, \quad (j = \overline{1, n}) \quad (12)$$

Since the constraint  $\bar{q}_j > 0$  is not relevant, it may be omitted.

$$C \cdot Q = \bar{m}, \quad (13)$$

where  $Q = (\bar{q}_1, \bar{q}_2, \dots, \bar{q}_n, \lambda_1)^T$ ,  $\bar{q}_j$  are the privileged values of the criteria,  $\lambda_1$  – Lagrange multiplier,

$$\bar{m} = \underbrace{(0, 0, \dots, 0, 1)}_{n+1 \text{ once}}^T$$

$C = [l_{ij}]$ ,  $i, j = \overline{1, n}, n+1$  is a matrix with  $n+1$  columns and  $n+1$  rows. Its elements may be determined from the formulae as follows:

$$\begin{aligned} l_{ii} &= (n-1) + \sum_{j=1}^n b_{ji}^2, \quad i, j = \overline{1, n}, \\ l_{ij} &= -(b_{ij} + b_{ji}), \quad i, j = \overline{1, n}; \quad i \neq j \\ l_{k, n+1} &= l_{n+1, k} = 1, \quad k = \overline{1, n} \\ l_{n+1, n+1} &= 0. \end{aligned} \quad (14)$$

Collective evaluation may be considered reliable only if the opinions of experts are compatible. Therefore, in statistical processing the data obtained from experts should be checked for compatibility and the sources of inhomogeneity should be determined [19].

Pairwise evaluation is an appropriate method, since the experts can analyze the couples of criteria which is important having a great number of attributes.

### 3. Methods of determining integrated weights of the criteria of efficiency

The values of the objective complex weights of criteria actually determine the influence (effect) of a particular criterion on rationality of variants. The subjective criteria weights indicate how important they are in terms of rationality of the variants considered. In some cases, the values of  $\bar{q}_j$  and  $q_j^0$  differ considerably, thus having a negative effect on the accuracy of determining the rationality of the variants analyzed. This is caused by the fact that some insignificant criteria may become crucial in defining the particular decisions as rational, while weighty attributes may practically have negligible effect on the final result.

Taking into account the above considerations, the author of the present paper suggests to interpret the formula (7) in a slightly different way:

$$\bar{q}_j = \frac{q_j^* q_j}{\sum_{j=1}^n q_j^* q_j}, \quad (j = \overline{1, n}). \quad (15)$$

The problem is to determine the value of  $q_j^*$  (integrated criteria weights) when  $\bar{q}_j$  (subjective criteria weights found by pairwise comparison) and  $q_j$  (objective criteria weights found by formula (6)) are known.

Let the formula (15) be transformed into the form of:

$$\bar{q}_j \sum_{j=1}^n q_j^* q_j - q_j^* q_j = 0, \quad (j = \overline{1, n}). \quad (16)$$

To determine the values of  $q_j^*$  a system of linear equations given below should be solved:

$$\begin{cases} \bar{q}_1^* q_1^* q_1 + \bar{q}_1^* q_2^* q_2 + \bar{q}_1^* q_3^* q_3 + \dots + \bar{q}_1^* q_n^* q_n - q_1^* q_1 = 0 \\ \bar{q}_2^* q_1^* q_1 + \bar{q}_2^* q_2^* q_2 + \bar{q}_2^* q_3^* q_3 + \dots + \bar{q}_2^* q_n^* q_n - q_2^* q_2 = 0 \\ \bar{q}_3^* q_1^* q_1 + \bar{q}_3^* q_2^* q_2 + \bar{q}_3^* q_3^* q_3 + \dots + \bar{q}_3^* q_n^* q_n - q_3^* q_3 = 0 \\ \dots \\ \bar{q}_n^* q_1^* q_1 + \bar{q}_n^* q_2^* q_2 + \bar{q}_n^* q_3^* q_3 + \dots + \bar{q}_n^* q_n^* q_n - q_n^* q_n = 0 \end{cases} \quad (17)$$

or:

$$\begin{cases} q_1^* (\bar{q}_1 q_1 - q_1) + q_2^* \bar{q}_1 q_2 + q_3^* \bar{q}_1 q_3 + \dots + q_n^* \bar{q}_1 q_n = 0 \\ q_1^* \bar{q}_2 q_1 + q_2^* (\bar{q}_2 q_2 - q_2) + q_3^* \bar{q}_2 q_3 + \dots + q_n^* \bar{q}_2 q_n = 0 \\ q_1^* \bar{q}_3 q_1 + q_2^* \bar{q}_3 q_2 + q_3^* (\bar{q}_3 q_3 - q_3) + \dots + q_n^* \bar{q}_3 q_n = 0 \\ \dots \\ q_1^* \bar{q}_n q_1 + q_2^* \bar{q}_n q_2 + q_3^* \bar{q}_n q_3 + \dots + q_n^* (\bar{q}_n q_n - q_n) = 0 \end{cases} \quad (18)$$

Taking into consideration that the constant with the unknowns can not be calculated very accurately by hand (some error is inevitable) there may be cases when the system of equations (18) will be unsolvable or have endless ensemble of decisions. For this purpose, an error coefficient  $f$  is introduced into the above system of equations. Taking into account that  $\sum_{j=1}^n q_j^* = 1$  a system of equations is of the form as follows:

$$\begin{cases} q_1^*(\overline{q_1q_1} - q_1) + q_2^*\overline{q_1q_2} + q_3^*\overline{q_1q_3} + \dots + q_n^*\overline{q_1q_n} + f = 0 \\ q_1^*\overline{q_2q_1} + q_2^*(\overline{q_2q_2} - q_2) + q_3^*\overline{q_2q_3} + \dots + q_n^*\overline{q_2q_n} + f = 0 \\ q_1^*\overline{q_3q_1} + q_2^*\overline{q_3q_2} + q_3^*(\overline{q_3q_3} - q_3) + \dots + q_n^*\overline{q_3q_n} + f = 0 \\ \dots \\ q_1^*\overline{q_nq_1} + q_2^*\overline{q_nq_2} + q_3^*\overline{q_nq_3} + \dots + q_n^*(\overline{q_nq_n} - q_n) + f = 0 \\ q_1^* + q_2^* + q_3^* + \dots + q_n^* = 1 \end{cases} \quad (19)$$

Further, the values of  $q_j^*$  are used when applying the techniques such as TOPSIS, SAW, LINMAP, ELECTRE, etc to determine rationality of the alternatives.

#### 4. Sample calculation

To illustrate the technique developed some variants of purchasing an office for a company are considered. Suppose, that a client (DM) needs to purchase an office for a firm. There are four variants of office location. Four attributes are considered :

- 1)  $R_1$  – price (10,000 \$),
- 2)  $R_2$  – office area (m<sup>2</sup>),
- 3)  $R_3$  – distance from home to work (km),
- 4)  $R_4$  - office location (in points).

The criteria  $R_2$  and  $R_4$  are maximized, while  $R_1$  and  $R_3$  are minimized. The data concerning office purchasing for a firm is presented in Table 1.

**Table 1.** Data on office purchasing

Criteria \ Variants	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$
	$S_1$	3,0	100	10
$S_2$	2,5	80	8	5
$S_3$	1,8	50	20	11
$S_4$	2,2	70	12	9
	min	max	min	max

Conforming with Table 1 a solution matrix takes the form of:

$$X = \begin{bmatrix} 3,0 & 100 & 10 & 7 \\ 2,5 & 80 & 8 & 5 \\ 1,8 & 50 & 20 & 11 \\ 2,2 & 70 & 12 & 9 \end{bmatrix}. \quad (20)$$

Suppose, that the experts provided a matrix B of pairwise evaluation of the criteria as follows:

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 & 1/5 \\ 3 & 1 & 2 & 1/2 \\ 2 & 1/2 & 1 & 1/2 \\ 5 & 2 & 2 & 1 \end{bmatrix}. \quad (21)$$

The subjective weight of the criteria of efficiency was determined by using expert pairwise evaluation as a subjective approach. The entropy method was used as an objective approach to determine the objective weights of the criteria. The calculated weights are presented in Table 2.

**Table 2.** Weights of the criteria

Criteria \ Weights of criteria	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$
Subjective weights	0.0953	0.2303	0.1928	0.481
Objective weights	0,128	0,217	0,360	0,295

The values of an integrated weight are determined by solving a system of equations (19). Taking into account the data given in Table 2 a system of equation (19) may be written as:

$$\begin{cases} -0,1155q_1^* + 0,0207q_2^* + 3,43q_3^* + 0,0281q_4^* + f = 0 \\ 0,0294q_1^* - 0,1673q_2^* + 0,0829q_3^* + 0,0679q_4^* + f = 0 \\ 0,0246q_1^* + 0,0419q_2^* - 0,2904q_3^* + 0,0569q_4^* + f = 0 \\ 0,0614q_1^* + 0,1047q_2^* + 0,1733q_3^* - 0,1529q_4^* + f = 0 \\ q_1^* + q_2^* + q_3^* + q_4^* = 1 \end{cases} \quad (22)$$

The values of integrated weights as well as the values of objective complex weights of the criteria of efficiency (determined from formula (7)) are given in Table 3.

**Table 3.** The values obtained for integrated and objective complex weights of the criteria

Criteria \ Weights of criteria	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
Integrated weights	0.188	0.266	0.135	0.411
Objective complex weights	0,0473	0,1913	0,2772	0,4842
Integrated weights obtained by method [20]	0.1011	0.2403	0.2104	0.4482

When the values of the objective weights of the attributes are applied, their effect on the rationality of variants does not match that of subjective weights which may adversely affect the accuracy of the results obtained. The use of the integrated value of the attribute weights in rationality evaluation techniques eliminates the above negative effect. When a system of equations (22) is solved, the accuracy factor  $f$  acquires the value of 0,000132 indicating that the accuracy of the integrated attribute weights is not considerably affected.

The values of  $q_i^*$  in this case are slightly different from corresponding values obtained by another method [20]. It can be seen when rows 1 and 3 of Table 3 are compared. The calculations made revealed the need for further investigation in the area of the integrated weights of the criteria of efficiency.

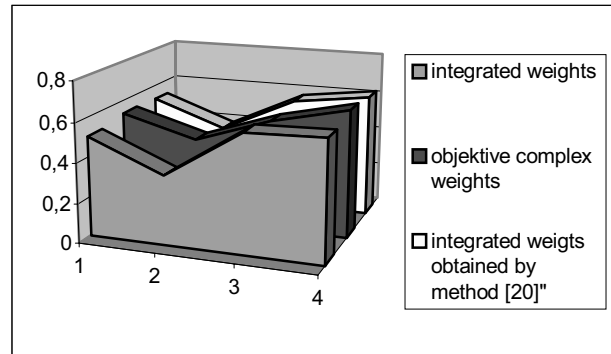
By applying TOPSIS approach [2] the rationality of the alternatives of office purchasing has been determined. The calculations were based on the application of the integrated weights, objective complex weights and the integrated weights obtained by method [20]. The calculation results are given in Table 4.

**Table 4.** Results of calculating the rationality of the alternatives based on various types of attribute weights

Value of variant rationality \ Type of weights of criteria used	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>
Integrated weights	0.504	0.347	0.595	0.605
Objective complex weights	0,531	0,425	0,557	0,643
Integrated weights obtained by method [20]	0.524	0.391	0.572	0.623

The analysis of the results obtained shows that the use of integrated weights made some corrections to ranking the alternatives depending on their rationality. These variations are more clearly illustrated by Fig 1.

The picture clearly shows that the application of integrated weights of attributes (criteria) made the difference between the efficiency of variant 3 and variant 4 less evident. In some cases, this may change decision making when choosing the best variant.



**Fig 1.** The dependence of variant rationality on the type of criteria weights used

## 5. Conclusions and recommendations

- A method to determine the integrated weights of attributes (criteria) was suggested.
- An integrated subjective and objective approach offered in this paper provides an alternative technique of determining the weights of attributes in MADM problems.
- The application of the integrated weights of attributes makes some corrections to rationality evaluation.
- Further investigation as well as the improvement of methods to determine the integrated weights of attributes are needed.

## References

1. C. L. Hwang, M. J. Lin. Group Decision Making under Multiple Criteria: Methods and Applications, Springer-Verlag, New York, 1987. 400 p.
2. C. L. Hwang, K. Yoon. Multiple Attribute Decision Making, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg-New York, 1981. 259 p.
3. Y. Sawaragi, K. Inoue, H. Nakayama Toward Interactive and Intelligent Decision Support Systems, Springer-Verlag, New York, 1987. 450 p.

4. E. K. Zavadskas, O. Kaplinski, A. Kaklauskas, J. Brzeziński. Expert System in Construction Industry. Trends, Potential and Application. Vilnius: Technika, 1995. 175 p.
5. Э. К. Завадкас. Системотехническая оценка технологических решений строительного производства. Л.: Стройиздат, Ленингр. отделение, 1991. 256 с.
6. L. Ustinovičius, V. Šarka, E. K. Zavadskas. Projektų daugiakriterinių sprendimų sintezės remiantis priimamo sprendimo sėkmės kriterijumi metodas // Statyba, VI t., Nr. 3. Vilnius: Technika, 2000, p. 193–201.
7. L. Ustinovičius, S. Jakučionis. Daugiakriterinių metodų taikymas vertinant senamiesčio pastatų renovacijos investicinius projektus // Statyba, VI t., Nr. 4. Vilnius: Technika, 2000, p. 227–237.
8. N. Bryson, A. Mobolurin. An action learning evaluation procedure for multiple criteria decision making problems // European Journal of Operational Research, 96(1996), p. 379–386.
9. W. D. Cook, M. Kress. A multiple-criteria composite index model for quantitative and qualitative data // European Journal of Operational Research, 78 (1994), p. 367–379.
10. G. S. Liang, M. J. Wang. Personnel selection using fuzzy MCDM algorithm // European Journal of Operational Research, 78 (1994), p. 22–33.
11. B. Malakooti, Y. Q. Zhou. Feed forward artificial neural networks for solving discrete multiple criteria decision making problems // Management Science, 40(1994), p. 1542–1561.
12. J. B. Yan, M. G. Singh. An evidential reasoning approach for multiple-attribute decision making with uncertainty / IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics 24 (1994), p. 1–18.
13. T. L. Saaty. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York, 1980. 296 p.
14. T. L. Saaty. A scaling method for priorities in hierarchical structures // Journal of Mathematical Psychology, 15 (1977), p. 234–281.
15. A. T. Chu, R. E. Kalaba, K. Spingarn. A comparison of two methods for determining the weights of belonging to fuzzy sets // Journal of Optimization Theory and Application, 27 (1979), p. 531–538.
16. V. Srinivasan, A. D. Shocker. Linear programming techniques for multidimensional analysis of privileged // Psychometrika, 38 (1973), p. 337–369.
17. D. Pekelman, S. K. Sen. Mathematical programming models for the determination of attribute weights // Management Science, 20 (1974), p. 1217–1229.
18. Z. P. Fan. A new method for multiple attribute decision making // Systems Engineering, 12 (1994), p. 25–28 (in Chinese).
19. Л. Евланов. Теория и практика принятия решений. Москва: Экономика, 1984. 176 с.
20. Z. Fan, J. Ma, P. Tian. A Subjective and Objective Integrated Approach for The Determination of Attribute Weights // Materials of 4th Conference of the International Society for Decision Support Systems, 1977.

Įteikta 2001 03 12

## INTEGRUOTŲ RODIKLIŲ REIŠMINGUMŲ NUSTATYMO METODAS

L. Ustinovičius

### S a n t r a u k a

Atlikta naudojamų rodiklių objektyvių bei subjektyvių reikšmingumų analizė. Nustatytas integruoto reikšmingumo skaičiavimo poreikis.

Subjektyvus reikšmingumas nustato rodiklių svarbumą, sprendžiant konkretų uždavinį. Objektyvus reikšmingumas įvertina nagrinėjamo rodiklio įtaką varianto racionalumui. Subjektyvios ir objektyvios reikšmingumo reikšmės dažnai nesutampa. Tai mažina varianto racionalumą. Rodiklio integruoto reikšmingumo panaudojimas leis nagrinėjamiems rodikliams turėti įtakos varianto racionalumui atitinkamai jų subjektyviems reikšmingumams.

Pasiūlytas rodiklių integruotų reikšmingumų nustatymo metodas – objektyvus rodiklių reikšmingumas nustatomas taikant entropijos metodą, subjektyvus rodiklių reikšmingumas nustatomas, taikant porinio palyginimo metodą. Integruotiems rodikliams skaičiuoti pasiūlyta ir suformuluota lygčių sistema.

Metodo galimybės buvo parodytos sprendžiant realų variantų lyginimo uždavinį (firmos patalpų pirkimas).

.....  
**Leonas USTINOVIČIUS.** Doctor (technological sciences), Associate Professor. Dept of Civil Engineering. Vilnius Gediminas Technical University. Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: nomstata@rl.lt.

MSc (1982), Doctor (1989), Assoc Professor (1993). Author of more than 70 articles and manuals. Research interests: old town regeneration, IT in construction, multi-criterion analysis.



## DIE ANWENDUNG DER MEHRKRITERIELLEN METHODE BEI DER BEWERTUNG VON ERHOLUNGSGRUNDSTÜCKEN

E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas, S. Raslanas, V. Malienė

Technische Universität Gediminas in Vilnius

### 1. Einführung

Mehrkriterielle Immobilienbewertungsmethoden werden weltweit in großem Umfang verwendet. In den USA, in Deutschland sowie in anderen Ländern werden sie oft als komplexe Methoden auch bei der Einschätzung der einzelnen Elemente im Vergleichs-, Ertrags-, und Sachwertverfahren eingesetzt [1–3]. Wir nutzen die von Professor E. Zavadskas und A. Kaklauskas vorgeschlagene mehrkriterielle Methode zur Bewertung von Immobilien [4–7].

### 2. Mehrkriterielle Bewertungsmethode

Die Resultate der Analyse der Bewertungs- und Vergleichsobjekte werden in einer zusammengefaßten Matrix der Entscheidungsfindung zusammengeführt, bei der die Spalten den zu analysierenden  $n$  Objekten entsprechen und in den Zeilen die detaillierten qualitativen und quantitativen Information eingegeben werden. Die qualitativen Informationen umfassen verschiedene ökonomische, technische, technologische, infrastrukturelle, architektonische, juristische und soziale Aspekte, die quantitativen Informationen Kriterien, Optimierungsrichtung (Minimum oder Maximum), Maßeinheiten, Wichtungen der Kriterien, Werte des Bewertungsgrundstückes und der Vergleichsobjekte.

Die mehrkriterielle Bewertungsmethode von Immobilien wird in 12 Etappen durchgeführt (s. Bild 1).

**Die erste Etappe.** Die Bildung der Faktoren des Systems, die Einfluß auf den Wert der Immobilienobjekte ausüben.

**Die zweite Etappe.** Die Festlegung der Faktoren, Maßeinheiten, Werte und der Wichtungen.

**Die dritte Etappe.** Es wird die normalisierte Matrix  $D$  der Entscheidungsfindung gebildet. Das Ziel dieser Etappe ist, aus den zu vergleichenden Kennziffern

die eingeschätzten dimensionslose Werte zu erhalten, die mit den Kennziffern verschiedener Maßeinheiten verglichen werden. Dazu wird die Formel 1 benutzt:

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} \cdot q_i}{\sum_{j=1}^n x_{ij}}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \quad (1)$$

Die Summe  $d_{ij}$  der dimensionslosen eingeschätzten Werte jedes Kriteriums ist immer gleich der Wichtung dieses Kriteriums  $q_i$ :

$$q_i = \sum_{j=1}^n d_{ij}, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

**Die vierte Etappe.** Hier werden die minimierenden und maximierenden Summen  $S_j$  und  $S_{+j}$  der Kennziffern berechnet, die die  $j$  Varianten bestimmen (Formel 3):

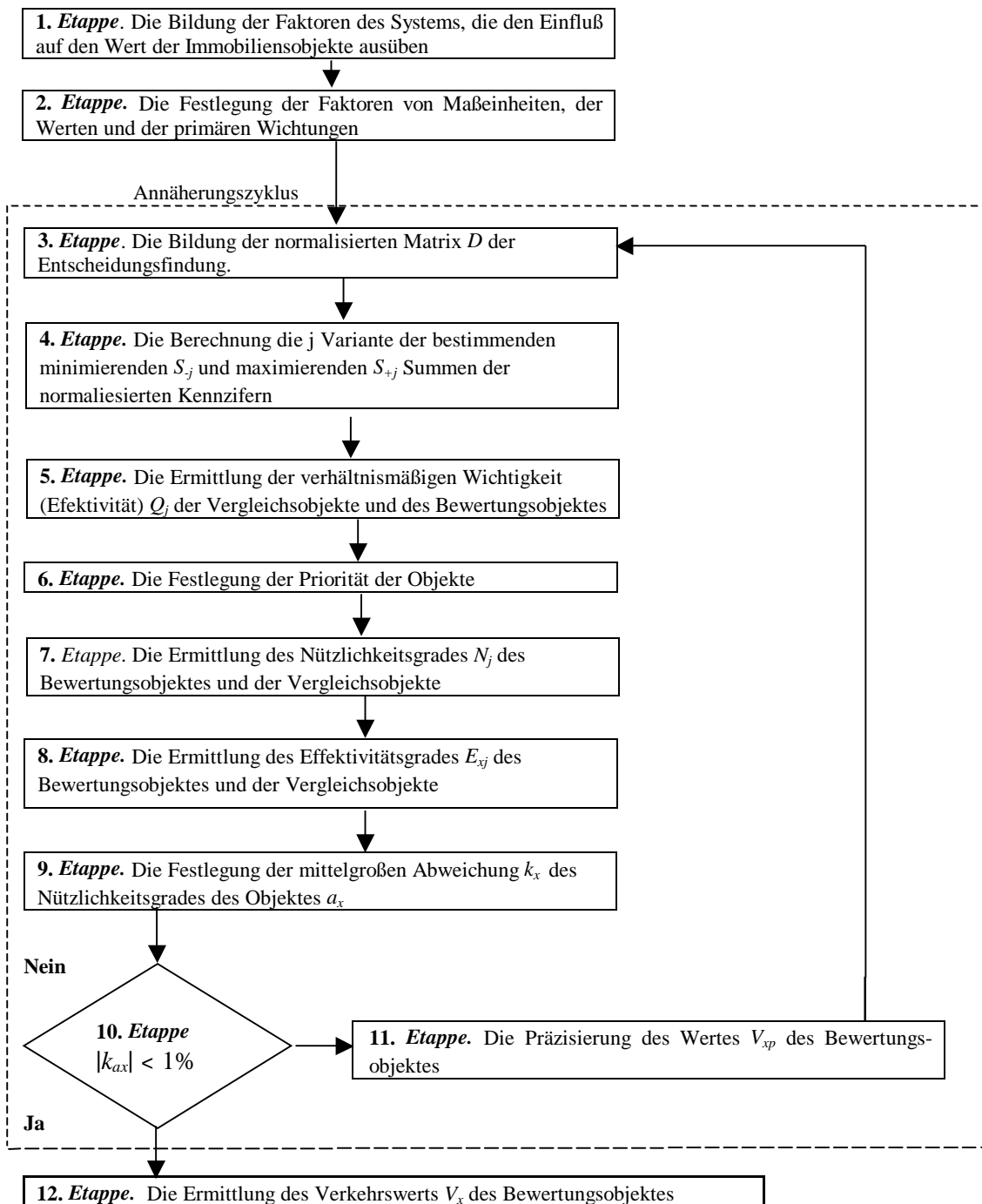
$$S_{+j} = \sum_{i=1}^m d_{+ij}; S_{-j} = \sum_{i=1}^m d_{-ij}; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \quad (3)$$

Die Summen der positiven  $S_{+j}$  und der negativen  $S_{-j}$  aller Vergleichsobjekte sind gleich der Summen der maximierenden und minimierenden Wichtungen der Kriterien (Formel 4):

$$\begin{aligned} S_{+j} &= \sum_{j=1}^n S_{+j} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{+ij}; \\ S_{-j} &= \sum_{j=1}^n S_{-j} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{-ij}, \end{aligned} \quad (4)$$

$$i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}.$$

**Die fünfte Etappe.** Die verhältnismäßige Wichtigkeit (Effektivität) der Vergleichsobjekte und des Bewertungsobjektes wird auf der Grundlage der positiven  $S_{+j}$  und negativen  $S_{-j}$  festgestellt, die diese Objekte charakterisieren. Die Wichtigkeit  $Q_j$  jeder Variante  $a_j$  wird nach der Formel 5 berechnet:



**Bild 1.** Das Blockschema der mehrkriteriellen Methode zur Bewertung der Immobilien

**Fig 1.** Block diagram of multi-criterion valuation method

$$Q_j = S_{+j} + \frac{S_{-\min} \cdot \sum_{j=1}^n S_{-j}}{S_{-j} \cdot \sum_{j=1}^n \frac{S_{-\min}}{S_{-j}}}, \quad j = 1, n. \quad (5)$$

**Die sechste Etappe.** Es wird die Priorität der

Objekte festgelegt. Je größer  $Q_j$  ist, desto größer ist die Effektivität der Variante. Das verallgemeinerte Kriterium  $Q_j$  ist direkt von den Werten und Wichtungen der zu vergleichenden Kriterien abhängig, die dadurch auf das Endresultat einwirken.

**Die siebente Etappe.** Hier wird der Nützlichkeitsgrad  $N_j$  des Objektes nach der Formel 6 ermittelt:

$$N_j = \frac{Q_j}{Q_{\max}} \cdot 100\%. \quad (6)$$

**Die achte Etappe.** Es wird der Effektivitätsgrad  $E_{xj}$  aller Varianten festgelegt. Es zeigt um wieviel das Objekt  $a_x$  besser (schlechter) im Vergleich zum Objekt  $a_j$  ist (Formel 7):

$$E_{xj} = N_x - N_j, \quad j = \overline{1, n}. \quad (7)$$

**Die neunte Etappe.** Hier wird der Mittelwert der Abweichung  $k_x$  des Nützlichkeitsgrades des Objektes  $a_x$  festgelegt (Formel 8):

$$k_x = \sum_{j=1}^n E_{xj} \div (n-1). \quad (8)$$

**Die zehnte Etappe.** Falls  $k_x$  des Bewertungsobjektes Formel 9 nicht entspricht, dann folgt die 11. Etappe:

$$|k_{ax}| < 1\%. \quad (9)$$

**Die elfte Etappe.** Die Präzisierung des Wertes  $V_{xp}$  des Bewertungsobjektes wird nach der Formel 10 durchgeführt:

$$V_{xp} = C_x (1 + k_x : 100), \quad (10)$$

$V_{xp}$  ist der präzisierte Wert des Bewertungsobjektes,  $C_{xn}$  der präzisierte Wert des Bewertungsobjektes nach  $n$  Annäherungen,  $k_{xn}$  die mittelgroße Abweichung des Nützlichkeitsgrades des Bewertungsobjektes nach  $n$  Annäherungen. Der Wert des Bewertungsobjektes wird durch die Annäherungen solange präzisiert bis die Abweichung  $k_x$  des Nützlichkeitsgrades des Bewertungsobjektes Formel 9 entspricht. Danach folgt die 12 Etappe.

**Die zwölfte Etappe.** Die Ermittlung des Verkehrswerts  $V_x$  des Bewertungsobjektes erfolgt nach den Formel 11:

$$V_x = C_x (1 + k_x : 100), \quad (11)$$

$V_x$  ist der Verkehrswerts des Bewertungsobjektes,  $C_x$  der präzisierte Wert des Bewertungsobjektes nach  $n$  Annäherungen,  $k_x$  die mittelgroße Abweichung des Nützlichkeitsgrades des Bewertungsobjektes nach  $n$  Annäherungen.

### 3. Bewertung des Erholungsgrundstückes

Um den Verlauf der Methode besser zu verstehen, soll nachfolgend ein Beispiel der Bewertung eines Erholungsgrundstückes vorgestellt werden.

**Das Bewertungsgrundstück** liegt im Bezirk Molėtai, im Dorf Anomisliai, 72 km von Vilnius entfernt. Der nächste Nachbar befindet sich mehr als 500 m nördlich, ein See ungefähr 600 m östlich. Bis zum Wald sind es 100 m. Das Zentrum des Bezirkes Molėtai ist 12 km entfernt. Das Grundstück hat eine Größe von einem Hektar. Die Gebäude wurden vor dem Krieg gebaut. Das Wohnhaus ist ein einstöckiges Holzhaus (Blockhaus) und braucht kleine Reparaturen. Der Stall ist ebenfalls aus Holz, der Zustand ist befriedigend. Im Wohnhaus gibt es Elektroenergie, auf dem Hof einen Brunnen. Es existiert kein Wasser- und Telefonanschluß. Die Beheizung des Wohnhauses erfolgt durch einen Ofen.

**Das 1. Vergleichsgrundstück** befindet sich im Bezirk Molėtai, im Dorf Magiškiiai, 78 km von Vilnius. Der nächste Nachbar ist ca. 100 m, ein See ist ungefähr 500 m in südöstlicher Richtung vom Erholungsgrundstück entfernt. Bis zum Wald sind es 300 m. Das Zentrum des Bezirkes Molėtai ist 18 km entfernt. Die Grundstücksgröße beträgt 0,7 ha. Das Wohnhaus wurde vor dem Krieg gebaut und ist ein einstöckiges Holzhaus, das kleine Reparatur braucht. Der Stall und das Badehaus wurden 1994 aus Ziegelmauerwerk errichtet, der Zustand ist gut. In allen Gebäuden gibt es Elektroenergie, auf dem Hof einen Brunnen, jedoch keinen Wasser- und Telefonanschluß. Die Beheizung des Wohnhauses erfolgt durch einen Ofen. Der Kaufpreis des Erholungsgrundstückes betrug 44 000 Lt.

**Das 2. Vergleichsgrundstück** befindet sich im Bezirk Molėtai, im Dorf Juodėnai, 70 km von Vilnius entfernt. Der nächste Nachbar ist ca. 100 m vom Grundstück entfernt, der See ungefähr 500 m südwestlich. Bis dem Wald sind es 100 m. Das Zentrum des Bezirkes Molėtai ist 10 km. entfernt. Das Grundstück ist 2 ha groß. Die Bauten wurden vor dem Krieg gebaut. Das Wohnhaus ist ein einstöckiges Holzhaus. Das Gebäude benötigt kleine Reparaturen. Der Stall ist aus der Ziegelmauerwerk errichtet, der Zustand ist gut. In allen Gebäuden gibt es Elektroenergie, auf dem Hof einen Brunnen, auch hier keinen Wasser- und Telefonanschluß. Die Beheizung erfolgt durch Öfen. Der Kaufpreis des Erholungsgrundstückes betrug 40 000 Lt.

**Das 3. Vergleichsgrundstück** liegt im Bezirk Molėtai, im Dorf Antamakiai, 80 km von Vilnius entfernt. Der nächste Nachbar befindet sich mehr als

300 m südlich vom Erholungsgrundstück, der See ungefähr 700 m westlich, bis zum Wald sind es 300 m. Das Zentrum des Bezirkes Molėtai ist 20 km. entfernt. Die Grundstücksgröße beträgt 0,5 ha. Die Bauten wurden vor dem Krieg gebaut. Das Wohnhaus ist ein einstöckiges Holzhaus. Das Gebäude braucht kleine Reparaturen. Der Stall ist hölzern, der Zustand ist befriedigend. Im Wohnhaus gibt es Elektroenergie, auf dem Hof einen Brunnen, ein Wasser- und Telefonanschluß existiert nicht, Beheizung erfolgt durch Öfen. Der Kaufpreis des Erholungsgrundstückes betrug 36 000 Lt.

**Das 4. Vergleichsgrundstück** befindet sich im Bezirk Molėtai, im Dorf Anomisliai, 70 km von Vilnius. Der nächste Nachbar ist mehr als 500 m vom Erholungsgrundstück in südlicher Richtung entfernt, ein schöner See ist ungefähr 300 m westlich, bis zum Wald sind es 100 m. Das Zentrum des Bezirkes Molėtai ist 10 km entfernt. Das Grundstück ist 0,6 ha groß. Die Bauten wurden vor dem Krieg gebaut. Das Wohnhaus ist ebenfalls ein einstöckiges Holzhaus und reparaturbedürftig. Der Stall ist ein Holzgebäude, der Zustand ist befriedigend. Im Wohnhaus gibt es Elektroenergie, auf dem Hof einen Brunnen. Es gibt keine Wasserleitung und kein Telefon. Die Beheizung des Wohnhauses erfolgt durch einen Ofen. Der Kaufpreis des Erholungsgrundstückes betrug 38 000 Lt.

Auf Grund der Beschreibung der oben angeführten Erholungsgrundstücke wurde die Entscheidungsfindungsmatrix gebildet, in die die quantitativen Kriterien, z.B. der Kaufpreis des Vergleichsobjektes, die Entfernung des Grundstücks bis Vilnius, bis zum See und bis zum Wald, die Fläche des Grundstückes, die Zahl der Wirtschaftsgebäude, die Gesamtfläche des Wohnhauses usw. eingetragen wurden (Tabelle 1). Die qualitativen Kriterien wurden mit Punkten (Gütezahlen) bewertet. Nach der Auswahl des besten Wertes des konkreten Objektes wurden den anderen relative Werte verliehen.

Im ersten Annäherungszyklus wurde Mittelwert der Kaufpreise der Vergleichsobjekte für das Bewertungsobjekt eingetragen, d. h. 39 500 Lt. Nach der Bildung des Faktorensystems und Festlegung der Werte und der Wichtungen wurde die gruppierte Entscheidungsfindungsmatrix vorbereitet. Auf Grund dieser Matrix wurden nach Formel 1 die Faktorenwichtung berechnet (Tabelle 2). Im Laufe der Entscheidung wurde durch Expertenbefragung festgestellt, daß folgende Faktoren den größten Einfluß auf den Verkehrswert hatten: der Abstand des Erholungsgrundstückes bis Vilnius ( $q_2 = 0,1358$ ), der Abstand zum See ( $q_3 = 0,1477$ ), der Abstand zum Wald ( $q_4 = 0,1238$ ), die Landschaft der Umgebung ( $q_{12} = 0,1106$ ), der Zustand des Wohnhauses ( $q_9 = 0,1065$ ). Später wurden die maximierenden und

**Tabelle 1.** Die primären Daten für Bewertung des Erholungsgrundstückes

**Table 1.** Initial data to the valuation of recreation property

Kriterien	*	Maß-Einheit des Krite- riums	Wichtung des Krite- riums	Bewertungsg- rundstück	Vergleichsgrundstücke				
				1	2	3	4	5	
1. Kaufpreis (der primäre Wert)	-	Lt (T)	1.0	X	44.0	40.0	36.0	38.0	
2. Abstand vom Erholungsgrundstück bis Vilnius	-	km	0.1358	72	78	70	80	70	
3. Abstand vom Erholungsgrundstück bis zum See	-	km	0.1477	0.60	0.50	0.50	0.70	0.30	
4. Abstand vom Erholungsgrundstück bis zum Wald	-	km	0.1238	0.10	0.30	0.30	0.30	0.10	
5. Abstand vom Erholungsgrundstück bis zum Nachbar	-	km	0.0951	0.50	0.10	0.10	0.30	0.50	
6. Abstand vom Erholungsgrundstück bis zur Autobahn	-	km	0.0215	4.00	8.00	3.00	3.00	1.50	
7. Abstand vom Erholungsgrundstück bis zur Siedlung	-	km	0.0389	2.00	5.00	4.00	3.00	2.00	
8. Gesamtfläche des Wohnhauses	+	m <sup>2</sup>	0.0461	80.00	80.00	80.00	70.00	65.00	
9. Zustand des Wohnhauses	+	Pkt	0.1065	0.80	0.80	0.70	0.60	0.70	
10. Zahl der Wirtschaftsgebäude	+	Z.	0.0179	3	3	2	2	1	
11. Fläche des Grundstückes	+	ha	0.0789	1.00	0.70	2.00	0.50	0.60	
12. Landschaft der Umgebung	+	Pkt	0.1106	1.00	1.00	0.60	0.60	0.80	
13. Prestige des Bezirkes	+	Pkt	0.0120	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
14. Immissionen	+	Pkt	0.0652	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	

minimierenden Kennziffernsummen  $S_{+j}$  und  $S_{-j}$  der Vergleichsobjekte und des Bewertungsobjektes nach der Formel 3 berechnet. In diesem Fall drücken die Größen  $S_{+j}$  und  $S_{-j}$  den erreichten Zielgrad jedes Vergleichsobjektes aus. Danach wurde auf Grund von Formel 5 die relative Wichtigkeit eines jedes Vergleichs- und Bewertungsobjektes festgestellt.

Im ersten Annäherungszyklus gemäß Formel 6 wurde das Vergleichsobjekt im Dorf Anomisliai (Objekt 5 s. Tab. 2) als am nützlichsten für Verwendungszweck festgelegt ( $N_5 = 100\%$ ), danach das Vergleichsobjekt im Dorf Juodėnai ( $N_3 = 98,37\%$ ) und im Dorf Anomisliai ( $N_1 = 98,14\%$ ). Später wurde der Effektivitätsgrad  $E_{xj}$  der Vergleichsobjekte und des Bewertungsobjektes errechnet (Formel 7), dieser zeigt wieviel besser (schlechter) das Bewertungsobjekt im Vergleich zu den Vergleichsobjekten ist. Aufgrund Formel 8 wurde die Abweichung  $k_x$  des Nützlichkeitsgrades des Bewertungsobjektes ermittelt, von diesem hängt ab, ob in der nächsten Etappe der Verkehrswert des Bewertungsobjektes unmittelbar festgestellt wird oder nur der primäre Wert

präzisiert und der Annäherungszyklus wiederholt werden muß. Nach der ersten Annäherung der Abweichung des Nützlichkeitsgrades  $k_{xi}$  erhielten wir

$$k_{ax} = |6,22\%| > 1\%.$$

Der Annäherungszyklus mußte wiederholt werden. Der präzisierte Wert des Bewertungsobjektes nach Formel 10 betrug:

$$V_1 = 39\ 500 \times (1 + 6,22/100) = 41\ 956,48 \text{ Lt.}$$

Nach der Präzisierung des Wertes des Bewertungsobjektes wurde der Annäherungszyklus der Methode ab der 3. Etappe fortgesetzt. Wie man anhand der berechneten Nützlichkeitsgrade der Objekte sehen kann, ist der primäre Wert  $x = 39\ 500$  Lt des Bewertungsgrundstückes zu klein. Deshalb ist dieses Objekt nach der komplexen Einschätzung der positiven und negativen Seiten nicht so konkurrenzfähig, wie die Erholungsgrundstücke im Dorf Anomisliai und Juodėnai. Diese Tatsache bestätigt auch die Ungleichheit von  $k_{ax}$ . Auf Grund dieser Ungleichheit wurde festgestellt, daß der Wert des Bewertungsobjektes noch ungenügend genau berechnet wurde. Deshalb muß anhand des zusammen-

**Tabelle 2.** Die Resultate der mehrkriteriellen Analyse der Erholungsgrundstücken (1. Annäherungszyklus,  $X= 39\ 500$  Lt)

**Table 2.** Recreation property valuation results obtained by multi-criterion analysis (1-st approximation cycle,  $X= 39\ 500$  Lt)

Kriterien	*	Normalisierte Werte $d_{ij}$ der Kriterien				
		1	2	3	4	5
1. Kaufpreis (der primäre Wert)	-	0.2000	0.2228	0.2025	0.1823	0.1924
2. Abstand bis Vilnius	-	0.0264	0.0286	0.0257	0.0294	0.0257
3. Abstand bis zum See	-	0.0341	0.0284	0.0284	0.0398	0.0170
4. Abstand bis zum Wald	-	0.0113	0.0338	0.0338	0.0338	0.0113
5. Abstand bis zum Nachbar	-	0.0317	0.0063	0.0063	0.0190	0.0317
6. Abstand bis zur Autobahn	-	0.0044	0.0088	0.0033	0.0033	0.0017
7. Abstand bis zur Siedlung	-	0.0049	0.0122	0.0097	0.0073	0.0049
8. Gesamtfläche des Wohnhauses	+	0.0098	0.0098	0.0098	0.0086	0.0080
9. Zustand des Wohnhauses	+	0.0237	0.0237	0.0207	0.0178	0.0207
10. Zahl der Wirtschaftsgebäude	+	0.0049	0.0049	0.0033	0.0033	0.0016
11. Fläche des Grundstückes	+	0.0164	0.0115	0.0329	0.0082	0.0099
12. Landschaft der Umgebung	+	0.0277	0.0277	0.0166	0.0166	0.0221
13. Prestige des Bezirkes	+	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024
14. Immissionen	+	0.0142	0.0142	0.0113	0.0142	0.0113
Die Summe $S_{+j}$ der maximierenden normalisierten Bewertungskennziffern		0.0990	0.0941	0.0970	0.0710	0.0760
Die Summe $S_{-j}$ der minimierenden normalisierten Bewertungskennziffern		0.3127	0.3409	0.3098	0.3148	0.0284
Die Wichtigkeit $Q_j$ des Objektes		0.4104	0.3798	0.4113	0.3803	0.4182
Die Priorität des Objektes		3	5	2	4	1
Das Nützlichkeitsgrad $N_j$ des Objektes		98.14%	90.81%	98.37%	90.95%	100%
Die Konkurrenzfähigkeit des Objektes $k_x$		6.22%	-12.10%	6.78%	-11.77%	10.87%
Der präzisierte Wert $V_{xp}$ des Bewertungsobjektes		41956.48				

**Tabelle 3.** Die Ermittlung der Abweichung des Mittelwertes des Nützlichkeitsgrades des Bewertungsobjektes und des präzisierten Wertes, sowie die Festlegung des Verkehrswertes

**Table 3.** Determining the average deviation of utility and market value of an object valuated, variation of corrected value

Zyklus	Präzisierte Wert $V_{xp}$ des Bewertungsobjektes (Lt)	Mittlere Abweichung $k_x$ des Nützlichkeitsgrades des Bewertungsobjektes (%)	Verkehrswert $V_x$ des Bewertungsobjektes (Lt)	Kaufpreis des Bewertungsobjektes (Lt)
12	39500 41956.48	$ 6.22  > 1$ $ 0.49  < 1$	41 956.48 * (1+ 0,49:100)= 42 162.95 <b>42 000</b>	<b>42 000</b>

gefaßten Blockschemas die Berechnungszyklen solange fortgesetzt worden, bis die Ungleichheit  $|k_{ax}| < 1\%$  eingehalten wurde. Die Resultate dieser Berechnungszyklen werden in Tabelle 3 angeführt. Man sieht, daß die Ungleichheit im ersten Zyklen zu groß ist. Deshalb wurde der einmal präzisierte Wert  $V_{xp}$  des Bewertungsobjektes (entsprechend 41 956,48 Lt) in die Entscheidungsfindungsmatrix weiter präzisiert. Alle Berechnungen nach den Formeln 1–9 wurden solange wiederholt, bis im zweiten Zyklus  $|k_{ax}| < 1\%$  war. Wie man aus der Tabelle 3 sieht, wurde im nächsten Annäherungszyklus der Wert des Bewertungsobjektes genauer berechnet. In dem letzten, zweiten Annäherungszyklus, hat sich die Nützlichkeitsgrade des Bewertungsobjektes in der Hinsicht zu den Vergleichsobjekten verändert ( $N_1 = 95,22\%$ ). Die Nützlichkeitsgrade des Vergleichsobjektes im Dorf Anomisliai ( $N_5 = 100\%$ ) und des anderen Objektes im Juodėnai ( $N_3 = 98,30\%$ ) blieb unverändert. Die berechneten Nützlichkeitsgrade der Objekte zeigen, daß das Bewertungsobjekt hinsichtlich der Nutzung um 10,70% nützlicher als das Vergleichsgrundstück im Dorf Magiškiiai und um – 12,44% weniger nützlich als das im Dorf Anomisliai ist. Diese Zahlen zeigen in welches Objekt es sich lohnt Geld zu investieren.

#### 4. Schlußfolgerungen

1. Mit der mehrkriterielle Bewertungsmethode kann der Verkehrswert von Immobilien verschiedener Grundstücksmärkte berechnet werden.

2. Mit dieser Methode können alle interessierten Gruppen ihr Immobilienvermögen einschätzen, aber auch Käufer und Verkäufer von Grundstücken haben eine transparente und gewichtete Übersicht über die den Wert

der Immobilie beeinflussenden Kriterien. Der Sachverständige für Grundstückswertermittlung ermittelt die Kriterien unter Berücksichtigung der Marktverhältnisse und den Wert, indem er die Methode verwendet.

3. Die mehrkriterielle Bewertungsmethode kann aufgrund der strukturierten Herangehensweise zur Immobilienanalyse verwendet werden:

- zur Feststellung der effizienten Verwendung bzw. der besten Nutzungsvariante der Objekte,
- zur Ermittlung und Wichtung der Faktoren, die Einfluß auf den Wert der Immobilien ausüben,
- zur Beurteilung der Konkurrenzfähigkeit von Bewertungsobjekten,
- zur Analyse von Angeboten.

4. Durch die Nutzung dieser Methode in der Praxis können Immobilienunternehmen die Palette ihrer Dienstleistungen ausweiten und damit ihre Marktposition stärken und ihr Image verbessern.

#### Literatur

1. H. E. Auernhammer. Die Zielbaum-Methode als Hilfsmittel zur Lösung von Bewertungsproblemen in der Systemtechnik. 1976. 219 S.
2. K. Gablenz. Verkehrswertermittlung von landwirtschaftlichen Grundstücken. Handbuch mit Erläuterungen, Praxisbeispielen und Hinweisen fuer den Erbfall, 1 Auflage, Bundesanzeiger Verlagsges. MbH. Koeln, 1998. 276 S.
3. Sommer/Piehler. Grundstuecks und Gebaeude- Wertermittlung fuer die Praxis. Herausgeber: Haufe Orga-Handbuch, 1996. 208 S.
4. E. K. Zavadskas. Mehrkriterielle Entscheidungen im Bauwesen. Vilnius: Technika, 2000. 207 S.
5. E. K. Zavadskas, F. Peldchus, A. Kaklauskas. Multiple Criteria Evaluation of Projects in Construction / Institute of Technological and Economic Development (ITED), Vilnius Technical University. Vilnius: Technika, 1994. 226 p.
6. E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas. Pastatų sistemotechninis įvertinimas. Vilnius: Technika, 1996. 280 p.
7. E. Zavadskas, A. Kaklauskas, V. Malienė, S. Raslanas. Nekilnojamojo turto vertinimas daugiakriteriniu metodu // Statyba, V t., Nr. 4. Vilnius: Technika, 1999, p. 272–284.

Įteikta 2001 05 12

#### DAUGIAKRITERINIO METODO TAIKYMAS POILSINĖMS SODYBOMS VERTINTI

E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas, S. Raslanas, V. Malienė

S a n t r a u k a

Visame pasaulyje nekilnojamojo turto vertinimo praktikoje plačiai taikomi daugiakriteriniai vertinimo metodai. JAV, JK

ir kitose šalyse šie metodai yra vertinimo technologijų, pagrįstų verčių palyginimu, atkūrimu ir pajamų gavimu, sudėtinės dalys [1]. Daugiakriterinės analizės metodai buvo sukurti XX a. antrojoje pusėje. Juos taikant galima išvengti nemaža nekilnojamojo turto vertinimo problemų. Jie yra labai svarbūs tarptautinėje nekilnojamojo turto vertinimo praktikoje.

Dažniausiai šie metodai pagrįsti rinkos modeliavimu ir ekonominėmis prielaidomis. Tačiau kartais jie taikomi atskirai ir priskiriami prie modernių vertinimo metodų.

Aprašomas naujas daugiakriterinės analizės metodas. Jis grindžiamas rinkos analize ir vertinimo principais, lyginamas su tradiciniu lyginamosios vertės metodu, tačiau gali būti priskirtas prie netiesioginių lyginamosios vertės metodų. Pastarieji metodai padeda universaliau ir plačiau analizuoti turtą, aprašomą įvairiais kriterijais, pvz., kokybiniais, kiekybiniais bei rinkos sąlygomis. Siūlomas metodas gali būti taikomas ne tik suinteresuotų grupių paklausai ir pasiūlai, rinkos vertei nustatyti, bet ir nustatyti tokioms vertėms, kaip investavimo, naudojimo ir kt. Aprašomas metodo teorinis modelis, kuris buvo pritaikytas poilsinių sodybų rinkos vertei nustatyti.

#### THE APPLICATION OF MULTI-CRITERION METHODS FOR VALUATION OF RECREATION PROPERTY

E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas, S. Raslanas, V. Malienė

#### S u m m a r y

Multi-criterion valuation methods are widely used in real estate valuation all over the world. In USA, UK and other countries these methods are part of techniques based on comparative and reinstatement values as well as on income use [1]. A number of problems in the valuation of real property can be eliminated by the methods of multiple criteria analysis, which came into existence only at the second half of the 20<sup>th</sup> century. Currently, they have become very important in the international practice of the real property valuation. In most cases they are based on market modelling and economic assumptions. Therefore, sometimes they are referred to as separate valuation methods, and classified as modern ones.

This article describes a new method of multiple criteria analysis. This method based on the market analysis and valuation principle is in line with the traditional comparative value method, therefore it can be attributed to the group of the indirect comparative value methods. These methods facilitate the universal and more extensive multiple criteria analysis of the property, since they take account of a number of different criteria, ie qualitative, quantitative ones, market conditions. The proposed method can meet the demands and needs of many interested groups since it enables to estimate not only the market value of the property, but also other values, eg investment value, value of use, market value of the current use of the property, etc. This article analyses the theoretical model of the method, which was used to estimate the market value of the recreation premises.

.....  
**Edmundas Kazimieras ZAVADSKAS.** Doctor Habil, Professor, Rector of Vilnius Gediminas Technical University. Member of Lithuanian Academy of Sciences, Member of Ukrainian Academy of Technological Cybernetics. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: Rector@adm.vtu.lt

In 1973 PhD (building structures). Professor at the Dept of Building Technology and Management. In 1987 Dr Habil (building technology and management). Research visits to Moscow Civil Engineering Institute, Leipzig and Aachen Technical Universities. He maintains close academic links with the universities of Aalborg (Denmark), Salford and Glamorgan (UK), Poznan University of Technology (Poland), Leipzig Higher School of Technology, Economics and Culture (Germany) and Aachen Technical University (Germany). Member of international organisations. Member of steering and programme committees of many international conferences. Member of editorial boards of some research journals. Author of monographs in Lithuanian, English, German and Russian. Research interests: building technology and management, decision-making theory, automation in design, expert systems.

.....  
**Artūras KAKLAUSKAS.** Doctor Habil, Professor. Dept of Building Technology and Management. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: property@st.vtu.lt

A graduate of Vilnius Civil Engineering Institute (since 1990 Vilnius Technical University), 1984 (civil engineer). PhD (1990). In 2000 Dr Habil degree at Vilnius Gediminas Technical University (building technology and management). Research visits to Aalborg University (Denmark, 1991), University of Glamorgan (UK, 1993/1995). Author and co-author of 4 monographs and more than 50 papers. Research interests: multi-criterion decision-making, expert systems, total quality management, computer-aided design.

.....  
**Saulius RASLANAS.** Doctor, Associate Professor. Dept of Building Technology and Management. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania.

A graduate of Vilnius Civil Engineering Institute (since 1990 Vilnius Technical University) (1984, civil engineer). PhD (1992). Research visits to Horsens Higher School of Technology (Denmark, 1995), Leipzig Higher School of Technology, Economics and Culture (Germany, 1996). Author of 13 papers. Research interests: real estate valuation and management.

.....  
**Vida MALIENĖ.** Doctor, Associate Professor. Dept of Building Technology and Management. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania.

A graduate of Vilnius Gediminas Technical University. MSc (1996). Doctor (2000, civil engineering). Research visits to Bonn Friedrich-Wilhelm University (Germany, 1997/1998, 2000), Leipzig Higher School of Technology, Economics and Culture (Germany, 1998). Research interests: real estate valuation and management, land survey, land development.

## PUBLIC PROCUREMENT OF CONSTRUCTION WORK: A BIMATRIX GAME MODEL

S. Mitkus

*Vilnius Gediminas Technical University*

### 1. Introduction

In the course of public procurement of construction work the rival contractors are subject to conflict – the winner takes all. Each of the bidding contractors does his best to attain his goal by offering the procuring organisation to the tender, which to the latter's opinion is the most acceptable one, thus winning the contract. Possibilities of the contractors to otherwise influence the procedure of public procurement are very limited, ie they have to comply with the "rules of game" established by the Law on Public procurement [1] and the public procurement documents of the procuring organization. In practice the only lawful way to influence the procedure of the public procurement of construction work is appealing to the Public Procurement Agency [1] against the illegal actions or decisions of the procuring institution.

The game theory is a branch of mathematics, which is just engaged in the examination of behaviour and selection of the rational rules (strategies) of behaviour for each party of the conflict situation [2]. It is obvious that application of methods of the game theory would help the contractors to prepare tenders to the public biddings for construction contracts, on the one part, and would also help the procuring organizations to better prepare public procurement documents, on the other part, thus opting for better offers.

In order to apply methods of the game theory to the public procurement of construction work one should first of all prepare the possible models of public procurement.

The papers published by J. Neumann [3] in the fourth decade of the twentieth century gave a big impetus to application of the game theory in practice. Since that time a lot of research has been conducted

into the issues of applying the game theory in economy, business, law, etc [2, 4]. E. K. Zavadskas and F. Peldschus [5] have carried out a lot of research concerning the issues of applying the game theory in construction technology and management. The works by these scientists examine widely the issues of selecting rational strategies, projects and contractors. Unfortunately, not enough research has been conducted into the issues of applying the games theory in the procedure of preparing rational offers for public procurement of construction work.

This article aims at investigating the possibilities of applying models of the game theory in public procurement of construction work, and creating the bimatrix model of public procurement of construction work.

### 2. The game theory models and analysis of possibilities to apply them in the public procurement of construction work

Different models of the game theory may and should be applied in different conflict situations. No single classification has been formed as yet with regard to the models of the game theory. Usually, the games and their models are classified in accordance with the number of players, number of strategies, relations between the players, character of payoffs, number of moves, and the character of the information available.

In accordance with the number of players the games are divided into one-player, two-player and  $n$ -player games. One-player games (of the patience card game type) are not examined in the game theory. Two-player games are the most popular, they are examined in the best way both theoretically and practically. Three-player and more-player ( $n$ -player) games are the least



investigated. Solution of these games is considerably more difficult and the more players take part in a game the more difficult is the solution of this game.

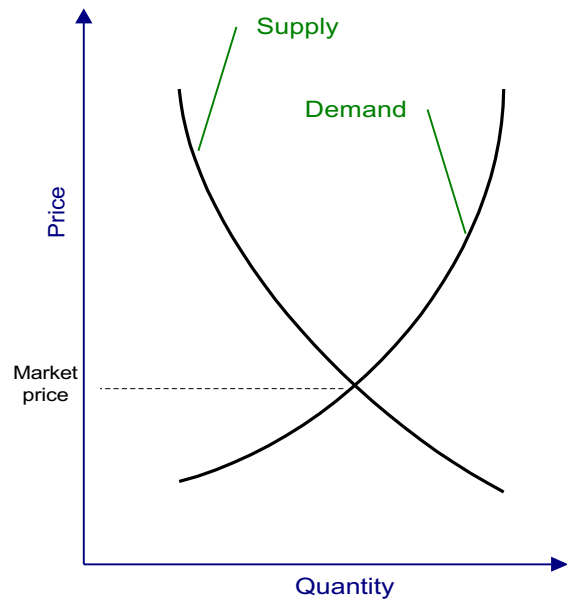
In practice, open and limited tenders may be used in public procurement of construction work [1]. In cases of open or limited tenders where less than three offers have been received the bidding is considered a failure. Therefore, a conclusion may be drawn that an  $n$ -player game can in the best way describe the public procurement of construction work.

As mentioned above, application of an  $n$ -player game model is very problematic due to its complexity. Simulation and solution of public procurement of construction work (determination of rational strategies) would be considerably simpler if a two-player game model were successfully applied.

A two-player game model would be applicable in the public procurement of construction work if a precondition were made that the first player is a contractor for whom a rational strategy is to be selected, and the other player represents all the remaining contractors taking part in the public procurement procedure.

The soundness of this precondition can be explained by the fact that in case of losing the public procurement competition there is no great difference for the contractor which place he has taken (eg the second one or seventh). Therefore, in case of public procurement the essentially important are not offers (strategies) of all the other players but the offer (strategy) of only one contractor who offered the lowest price (other best conditions) of work.

It may be also presumed that the lowest price offered by the second player (ie by all the remaining contractors taking part in the public procurement procedure) will be equal to the market price. Economists have proved [6], that in case of a perfect competition the market price objectively stabilizes in accordance with the supply and demand ratio on the market (Fig 1), and the model of the construction market in Lithuania is close to the model of a perfect competition (there are many sellers – contractors while the goods offered by competitors are similar). Since, under the above-mentioned presumption, the market price stabilizes due to objective reasons (ie supply and demand on the market) we may, with certain exceptions, consider this game model a game against the nature model [4].



**Fig 1.** Supply and demand curve, market price in case of a perfect competition.

In accordance with the number of possible strategies the game models are divided into finite and infinite ones. Players of finite games have a finite number of strategies. A game is called infinite if at least one player has an infinite number of strategies.

In case of public procurement of construction work each contractor has practically an infinite number of strategies because a contractor can practically offer any price of construction work (The Law on Public Procurement sets neither the upper nor lower limits of an offer price). However, in practice, contractors offer prices within a certain “reasonable” price range, ie: a normal contractor will never offer a price, which is either less than the costs of construction work or considerably higher than the market price of the procured construction work. If we take from this price range a sufficiently large number of prices, then we obtain a sufficiently precise finite game model. Therefore, a conclusion may be drawn that finite and infinite game models are applicable in public procurement of construction work, however, upon applying a finite game model it would become considerably simpler and its quality would be reduced insignificantly.

In accordance with relations between players the game models are divided into non-coalition, cooperative and coalition ones. In non-coalition games players shall not make any agreements or coalitions. In coali-

tion games players may agree on their actions, reach a compromise and make coalitions. In cooperative games coalitions are made prior to the game.

The Law on Public Procurement [1] and Competition laws forbid making any coalitions when submitting offers for public procurement. Therefore, only a non-coalition game model is applicable in public procurement of construction work.

In accordance with the character of a payoff the game models may be divided into zero-sum games and non-zero-sum games. The payoffs of the two-player zero-sum finite game can be described by one matrix representing payoffs of one player. Payoffs of the second player are equal to the first player's wins with a minus sign. Therefore, such games are called matrix games.

In non-zero-sum games the total sum of all players is not equal to zero. Solution of such games is more difficult. In this case, to show the payoffs of the two-player game we need two matrixes or one bimatrix, ie a matrix, whereof each element consists of two wins, ie the win of the first player and the win of the second player. Therefore, the two-player non-zero-sum games are called bimatrix games.

Only one player wins the game in public procurement of construction work. The profit earned by the player after fulfilment of the contract may be considered his payoff. Other players win nothing, but nothing do they loose (except for the costs which they suffered during the preparation of offers, but these costs are comparatively small and they can be disregarded). Therefore, a non-zero-sum game model shall be applied in the public procurement of construction work. Taking into account the above-drawn conclusions covering the possibility to consider the public procurement of construction work a two-player game, it is possible to maintain that application of a bimatrix game model in the public procurement of construction game is reasonable.

In accordance with the number of moves the games are divided into static and dynamic ones. Static games come to an end after one move by the players. In dynamic games players make more than one move.

The main move by players (contractors) made in the public procurement of construction work is submission of offers. In accordance with the Law on Public

Procurement [1] sealed offers submitted by all contractors are opened simultaneously, according to which the procuring organization determines the winning offer. Therefore, the public procurement of construction work may be considered one-move games.

However, examining the process of public procurement one may notice that during this process other conflict situations may also occur, whereto the game theory methods are applicable. First of all, the above methods include protection of the players' rights of appeal against actions and decisions of the procuring organization, thus aiming at a favourable decision made by corresponding institutions. These legal conflict situations are also subject to application of the game theory methods. Therefore, dynamic game models are also applicable in the public procurement of construction work (in a wider sense).

In accordance with the information available to players with regard to the functions of the players' payoffs the games are divided into full-information games and partial-information games. In full-information games each player knows about the functions of other players' payoffs. As mentioned above, a win in the public procurement of construction work is a profit, which the contractor expects to gain by winning a contract in the course of public procurement. Certainly, one contractor cannot know the costs of the procurement object calculated by another contractor. However, if one assumes that the costs of construction work for separate contractors is sufficiently similar then the full-information game model is applicable to the public procurement of construction work.

Literature gives a greater number of classifications of game models. This paper covers a wider examination of the two-player non-zero sum game, ie bimatrix game model only.

### **3. Formation of the bimatrix game model**

Taking into account the conclusions made in the second section hereof let us create a two-player non-zero-sum static finite full-information game model (bimatrix game model) of the public procurement of construction work.

Since bimatrix games are finite two-player non-zero-sum games the latter may be derived from  $n$ -player games [2, 4, 5]. In case of an  $n$ -player game there are

$n$  multitudes of non-empty players' strategies  $S_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) and  $n$  real functions  $A_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ), described in the multitude  $S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n$ , which is a set of functions of the players' payoff. This game is expressed as follows:

$$G = \{ S_1, \dots, S_n ; A_1, \dots, A_n \} \quad (1)$$

Such a game for two players is expressed in this way:

$$G = \{ S_1, S_2 ; A_1, A_2 \} \quad (2)$$

In this case the first player has  $m$  strategies  $i = 1, 2, \dots, m$ , and the second player –  $n$  strategies  $j = 1, 2, \dots, n$ . Each pair of strategies  $(i, j)$  has corresponding numbers  $a_{ij}$  and  $b_{ij}$ , which express payoffs of the first and second player, respectively. Both players select their strategies and the wins are determined in accordance with their selection.

Seeking to apply the bimatrix game model in public procurement, one should make several assumptions:

- 1) the contractor for whom a rational strategy is to be selected should be considered the first player;
- 2) all the remaining contractors should be considered the second player.
- 3) players have a finite number of strategies. Without a doubt, the number of prices, which the contractors may offer is infinitely large. However, for practical reasons (without prejudice to results) one should examine in this type of the game model only the finite number of strategies (offers by contractors).

Let us assume that the lowest offer price is specified as an evaluation criterion in the public procurement procedure. In this case the first player prepares  $m$  strategies, ie offer prices  $P_{1j}$ ,  $j = 1.. m$ . A presumption is made that the second player may select  $n$  strategies, ie offer prices  $P_{2j}$ ,  $j = 1.. n$ . In this case the bimatrix of a win is as follows:

$$\begin{bmatrix} a_{11}, b_{11} & \dots & a_{1j}, b_{1j} & \dots & a_{1n}, b_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1}, b_{i1} & \dots & a_{ij}, b_{ij} & \dots & a_{in}, b_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1}, b_{m1} & \dots & a_{mj}, b_{mj} & \dots & a_{mn}, b_{mn} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Each element of the bimatrix consists of two parts, the first of which means the payoff of the first player, and the second part represents the payoff of the second player.

Determining the payoff of the first player it should be first of all taken into consideration that the player wins only in the case where he wins the public procurement procedure, ie  $P_{1i} < P_{2j}$ . An interesting situation would arise if the two contractors offered the same prices. The Law on Public Procurement does not regulate such a case. It is presumed that in this case the procuring organization might determine the winner of the public procurement procedure by casting lots when both contractors have an equal probability to win. Therefore, it would be reasonable to consider that the payoffs of both contractors are the same and equal to a half of the total payoff. In this case the win of the first player would be equal to:

$$\begin{aligned} a_{ij} &= P_{1i} - P_s, & \text{when } P_{1i} > P_{2j}, \\ a_{ij} &= 0, & \text{when } P_{1i} = P_{2j}, \\ a_{ij} &= (P_{1i} - P_s)/2, & \text{when } P_{1i} < P_{2j}, \end{aligned} \quad (4)$$

where  $P_s$  is costs of construction work.

By analogy, the payoff of the second contractor would be equal to:

$$\begin{aligned} b_{ij} &= P_{2i} - P_s, & \text{when } P_{1i} > P_{2j}, \\ b_{ij} &= 0, & \text{when } P_{1i} < P_{2j}, \\ b_{ij} &= (P_{2i} - P_s)/2, & \text{when } P_{1i} = P_{2j}, \end{aligned} \quad (5)$$

Let us assume, that an open bidding for construction contract has been declared, whereof evaluation criterion is the minimum offer price, and the costs of construction work amounts to 10 million Litass. It is forecasted that the multitude of strategies of the second player, ie the lowest tender prices (market prices) may be:

$$C = \{10,1; 10,15; 10,20; 10,25\} \quad (6)$$

The contractor (the first player) determines that he is able to offer the open bidding procedure the following multitude of prices (strategies):

$$B = \{10,05; 10,1; 10,15; 10,2; 10,25\} \quad (7)$$

The bimatrix of payoffs in such game is shown in Table 1.

Upon determining the bimatrix of the wins the selection of a rational strategy should be determined by methods of the game theory. The most important task is determining possible market prices and their probability. The disadvantages of this method may include the possibility that certain contractors due to various reasons (eg incorrect calculation of the self-

**Table 1.** Bimatrix of payoffs

Strategies (tender prices) of the first player, in million Litas	Strategies (market prices) of the second player, in million Litas			
	10,1	10,15	10,2	10,25
10,05	0,05; 0,00	0,05; 0,00	0,05; 0,00	0,05; 0,00
10,1	0,05; 0,05	0,10; 0,00	0,10; 0,00	0,10; 0,00
10,15	0,00; 0,10	0,075; 0,075	0,15; 0,00	0,15; 0,00
10,2	0,00; 0,10	0,00; 0,15	0,10; 0,10	0,20; 0,00
10,25	0,00; 0,10	0,00; 0,15	0,00; 0,20	0,125; 0,125

cost of construction work, etc) may also offer prices that are considerably lower or higher than the market prices.

#### 4. Conclusions

1. Analysis of the procedure of public procurement of construction work shows that the game theory models are applicable in this procedure. Thanks to these models and using methods of the game theory the contractors would be able to form rational strategies of participation in the public procurement of construction work.

2. The public procurement of construction work may be described in the best way by the model of the  $n$ -player non-zero-sum infinite dynamic partial information game.

3. Analysis of the process of public procurement of construction work shows that the model of a two-player non-zero-sum static full-information game (bimatrix game model) may be also applied in the public procurement of construction work if certain assumptions are made. In this case the solution of the game (selection of rational strategies) becomes considerably simpler, and all these simplifications have little influence on the results.

4. The basic problem of application of the discussed method consists in determination of specific probabilities of market prices for construction work at a specific time.

5. The paper presents only the method of forming the model of the matrix game for the public procurement of construction work. Development of methods for selecting strategies of participation in the public procurement of construction work is the object of further research.

#### References

1. Law on Public Procurement // Valstybės žinios, 1999, No 56, p. 3–18.
2. P. J. Dutta. Strategies and games: theory and practice. MIT Press, 1999. 476 p.
3. J. Neumann, O. Morgenstern. Theory of games and economic behaviour. Princeton University Press, 1953. 432 p.
4. R. Gibbons. Game theory for applied economists. Princeton University Press, 1992. 288 p.
5. F. Peldshcus, E. K. Zavadskas. Matrix Games in construction technology and management. Vilnius: Technika, 1997. 134 p.
6. S. Dibb, L. Simkin, W. Pride. Marketing. Concepts and strategies. Boston: Houghton Mifflin Company, 1991. 739 p.

Įteikta 2001 04 25

#### VIEŠIEJI STATYBOS DARBŲ PIRKIMAI: BIMATRICINIS LOŠIMŲ TEORIJOS MODELIS

S. Mitkus

S a n t r a u k a

Straipsnyje nagrinėjamos galimybės lošimų teorijos metodus taikyti statybos darbų viešiesiems pirkimams. Statybos darbų viešuosius pirkimus geriausiai apibūdina  $n$  lošėjų lošimo modelis su ne visa informacija. Straipsnyje įrodyta, kad pritaikius tam tikrus supaprastinimus gali būti taikomas bimatricinis lošimo modelis su visa informacija. Toks modelis leidžia gerokai supaprastinti lošimų teorijos uždavinio sprendimą (racionalių strategijų parinkimą).

Straipsnyje pateikta bimatricinio statybos darbų viešųjų pirkimų lošimo modelio sudarymo metodika ir tokio modelio sudarymo pavyzdys.

Lošimų teorijos metodų taikymas parenkant racionalias strategijas taikant pateiktą modelį yra tolesnių tyrimų objektas.

.....  
Sigita MITKUS. Doctor. Assoc Prof. Dept of construction technology and management. Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania.

Research interests: application of decision-making and game theory in construction management, construction law.

## Prof. Dr.-Ing. Reinhard Seeling, RWTH Aachen – 65 Jahre



Herr Prof. Dr. Seeling wurde für das Lehrgebiet „Planungsverfahren im Baubetrieb“ an die Rheinisch-Westfälische-Technische-Hochschule Aachen berufen. Hier lehrte er über 35 Jahre und pflegte viele nationale und internationale Kontakte.

Er wurde geboren am 07.02.1936 in Zwickau/Sachsen. Nach dem Abitur 1956 studierte er an der Technischen Hochschule Stuttgart Bauingenieurwesen und erwarb hier sein Diplom im Jahre 1961. Danach erfolgte der Einsatz in der Baupraxis, zunächst als Statiker im Konstruktionsbüro der Beton- und Monierbau AG Düsseldorf und ab 1966 als Bauleiter in der Bilfinger & Berger AG Köln. Hier war er verantwortlich für mehrere Großprojekte im Ingenieurtiefbau und U-Bahnbau.

1966 wechselte er zur RWTH Aachen als Oberingenieur bei Prof. Jurecka. In seiner Promotion „Die Optimierung von Netzwerken durch Bildung bewerteter Trennungsmengen“, die er 1968 erfolgreich verteidigte, beschäftigte er sich mit mathematischen Problemen, algorithmischen und programmtechnischen Fragen. Die Ergebnisse seiner Dissertation waren die theoretischen Grundlagen für das Netzplanprogramm PROSA, das nach einigen Aktualisierungen noch heute angewendet wird.

Im Jahre 1972 erfolgte die Berufung zum Universitätsprofessor an die RWTH Aachen.

Heute kann Herr Prof. Dr. Seeling auf eine erfolgreiche Lehr- und Forschungstätigkeit zurückblicken. Er hat 12 Doktoranden erfolgreich betreut, über 100 Beiträge in Fachzeitschriften veröffentlicht und 5 Fachbücher geschrieben. Herr Prof. Dr. Seeling war an mehreren wissenschaftlichen Projekten der Europäischen Gemeinschaft beteiligt.

Als bemerkenswertes Ergebnis soll hier das für viele Hochschulen in Inn- und Ausland interessante computergestützte Unternehmensplanspiel BAUMARKT genannt werden. Mit BAUMARKT wurden neue Wege in der studentischen Ausbildung ermöglicht. Es können Wettbewerbsfähigkeit, Teamarbeit und wirtschaftliche Unternehmensführung praxisnah trainiert werden.

Die Popularität von Prof. Dr. Seeling führte zu Einladungen für Gastvorlesungen nach Eindhoven/Niederlande, Loughborough/Mittelengland, Lyngby/Dänemark, Athen/Griechenland und zu Gastprofessuren an die ETH Zürich/Schweiz und die TU Dresden. Außerdem bemühten sich viele ausländische Fachkollegen um Gastaufenthalte bei Prof. Dr. Seeling in Aachen.

Seit 1991 beteiligt sich Prof. Dr. Seeling aktiv an den regelmäßig stattfindenden gemeinsamen Kolloquien der VGTU Vilnius, der TU Poznan und der HTWK Leipzig zu Fragen des Baubetriebes und pflegt auch Kontakte zu diesen Bildungseinrichtungen. Im Jahre 1999 war Prof. Dr. Seeling Gastgeber für das 7. Deutsch – Litauisch – Polnische Kolloquium zum Baubetriebswesen in Aachen.

Wir wünschen Herrn Prof. Dr. Seeling eine gute Gesundheit und noch viel Schaffenskraft, damit wir ihn auch weiterhin zu unseren gemeinsamen Veranstaltungen begrüßen können.

**F. Peldschus,**

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c.

HTWK Leipzig

## VGTV MEDŽIAGŲ ATSPARUMO KATEDRAI – 25



Vilniuje medžiagų atsparumas (arba medžiagų mechanika) dėstomas nuo pat technikos studijų pradžios – nuo 1957 metų (dėstė doc. A. Čyras, būsimasis VISI rektorius); šį dalyką kurį laiką globojo KPI Vilniaus filialo Mechanikos katedra, vėliau Vilniaus inžinerinio statybos instituto Statybos fakulteto Statybinės mechanikos katedra. 1976 m. rugpjūčio 1 d. buvo įsteigta Vilniaus inžinerinio statybos instituto Statybos fakulteto Medžiagų atsparumo katedra, kuri 1990 m. buvo prijungta prie Vilniaus technikos universitete kuriamo Bendrųjų mokslų centro, kuris 1993 m. išaugo į Fundamentinių mokslų fakultetą.

Šiuo metu katedros dėstytojai dėsto visose studijų pakopose. Pagrindinėse studijose dėstoma medžiagų mechanika, konstrukcijų elementų mechanika, konstrukcijų mechanikos pagrindai, eksperimentiniai tyrimai ir kompiuterinės technologijos, valdymo informacinės technologijos. Magistrantūroje dėstoma deformuojamo kūno mechanika, baigtinių elementų metodo pagrindai ir kompiuterinės technologijos, kompiuteriniai matematinės fizikos modeliai, skaičiavimo metodai netiesinėje mechanikoje, tiriamasis darbas. Katedros dėstytojai vadovauja inžinerinės informatikos programos matematinės pakraipos bakalaurų ir magistrų baigiamiesiems darbams. Doktorantūroje dėstoma irimo mechanika, eksperimentinių tyrimų pagrindai, skaičiavimo metodai mechanikoje, gruntų mechanika (kartu su Geotechnikos katedra), teorinė irimo mechanika, fiziškai netiesinė kūnų mechanika, konstrukcijų stabilumas. Nuo pat įsteigimo katedra rengė mokslininkus – iš pradžių aspirantūroje, o nuo 1996 m. – doktorantūroje. Katedroje daktaro disertacijas parengė ir apgynė M. Leonavičius (1977), D. Džankarašvili (1978), S. Stupak (1978), M. Šukšta (1982), A. Krenevičius (1983), J. Medzveckas (1989), A. Komka (1990), A. Kačeniauskas (2000), habilituoto daktaro mokslo laipsnį įgijo R. Kačianauskas (1996), M. Leonavičius (2000).

Pirmuoju katedros vedėju – nuo 1976 iki 1994 m. – buvo prof. habil. dr. Algirdas Eduardas Čižas; vėliau katedros vedėjais buvo doc. dr. Marijonas Šukšta, doc. dr. Kęstutis Vislavičius, doc. dr. Stanislav Stupak, 1995–1998 m. ir nuo 2001 m. katedrai vadovauja prof. habil. dr. Rimantas Kačianauskas.

Katedros mokslininkai, išitraukę į prof. A. Čyro vadovaujamus optimizacinės tematikos darbus, vieni pirmųjų ėmė nagrinėti tokias mechanikos problemas, kaip deformuojamų sistemų optimizacija apribojus jų poslinkius (A. Čižas), deformacinio medžiagos stiprėjimo bei realios skerspjūvio formos įtaka plastinių sistemų optimizacijai (A. Čižas, S. Stupak, M. Šukšta), sistemų su

judančia apkrova optimizacija (K. Vislavičius), baigtinių elementų taikymas sistemoms optimizuoti (B. Mažuolis, V. Kamaitis).

Katedroje pradėjus dirbti prof. R. Kačianauskui, suintensyvėjo kompiuterinio modeliavimo tyrimai. Joje atliekami darbai apima daugelį skaičiuojamosios mechanikos uždavinių. Katedros mokslo darbuotojas A. Jarašas gilina bimetalių sąjungų su labai stipriais metaliniais antdėklais modeliavimo problemas. Doktorantas M. Samofalovas baigia rengti disertaciją apie pusiauanalizinių baigtinių elementų panaudojimą plonasiėnių strypų teorijai ir stabilumo analizės metodams. Doktorantas D. Markauskas baigtinių elementų metodu sprendžia didelių įsiskverbimų į gruntą uždavinį. Katedros doktorantas A. Kačianauskas apgynė daktaro disertaciją apie modeliuotus nespūdaus srauto laisvuosius paviršius, o doktorantė I. Gabrielaitienė rengia disertaciją šildymo vamzdžio termohidraulinio modeliavimo tema. Skaitinis modeliavimas BE apima ir irimo mechanikos uždavinių problematiką, kuri tapo doktoranto E. Stupako disertacinio darbo tema.

Labai plati ir savita yra jau kelis dešimtmečius prie katedros veikiančios mokslo laboratorijos veikla. Ši laboratorija, tyrusi ir tirianti medžiagų ir konstrukcijų elementų stiprumą bei patvarumą, buvo įsteigta 1962 m. ir nuo 1991 m. vadinama stiprumo mechanikos mokslo laboratorija. Aktyviai buvo tiriama kartotinės apkrovos įtaka srieginėms jungtims (V. Kagan, M. Leonavičius, A. Krenevičius). Nuo 1993 m., vadovaujant prof. habil. dr. M. Leonavičiui, laboratorijoje atliekami tyrimai pagal tarptautinę kompleksinę programą „Kalkakasybos įrenginių ilgaamžiškumo ir patikimumo didinimas“. Projekte dalyvauja Amerikos, Australijos ir Europos šalių firmos ir universitetai. 1998–2000 m. laboratorija sėkmingai dalyvavo keliuose įvairių pasaulio šalių laboratorijų lyginamuosiuose bandymuose (per šimtą dalyvių). 2001 m. kovo 3 d. laboratorija buvo akredituota pagal

standartą LST EN 45001. Akreditavimo pažymėjimas suteikia teisę atlikti metalų, armatūros ir virintinių jungčių tempimo bandymus, kuriais nustatomi medžiagos stiprumo, tamprumo ir plastiškumo rodikliai; technologiškai metalo bandymą, kuriuo nustatomas atsparumas plyšių atsiradimui lenkiant; metalų mažaciklio ir daugiaciklio nuovargio bandymus, kuriais nustatomi medžiagos ciklinio stiprumo ir patvarumo rodikliai, ir metalų su plyšiais bandymą, kuriuo nustatomas atsparumas irimui. Akredituoti bandymai tėra nedidelė laboratorijos darbų dalis. Laboratorijoje atliekami labai įvairūs medžiagų, mašinų detalių, mazgų ar konstrukcijų stiprumo, standumo ir patvarumo tyrimai.

Be šių mechanikos problemų, katedros mokslininkai sprendė statybinių konstrukcijų analizės ir projektavimo uždavinius, susijusius su gelžbetonio (V. Viršilas, J. Žekevičius), asfaltbetonio (K. Vislavičius) tyrimais, atliko daug konstrukcijų ekspertizių. Pažeidimus gelžbetoniniuose elementuose tiria doc. dr. R. Kliukas. Buvo nagrinėta ir aukštojo mokslo (organizavimo bei dėstytojų metodikos) klausimų (A. Čižas, K. Vislavičius ir kt.).

Katedra (kartu su teorinės mechanikos katedra) rengia Lietuvos skaičiuojamosios mechanikos asociacijos konferencijas.

Katedroje parengti vadovėliai studentams: A. Čižo, V. Viršilo ir J. Žekevičiaus „Aiškinamasis medžiagų atsparumo uždavinynas“ (1985, 2-asis leid. 2000), A. Čižo „Medžiagų atsparumas. Konstrukcijų elementų mechanika“ (1993), keliolika mokomųjų knygelių, išleista R. Kačianausko mokslinė monografija „Computer methods in multilevel modelling of beams and shells“ (1995). Katedra nuolat organizuoja Medžiagų atsparumo (mechanikos) olimpiadas savo aukštosios mokyklos ir visos šalies studentams.

Prof. habil. dr. *Algirdas Čižas*,  
doc. dr. *Stanislav Stupak*

# MULTIPLE CRITERIA ANALYSIS OF CONSTRUCTION prepared by EDMUNDAS KAZIMIERAS ZAVADSKAS

Prof E. K. Zavadskas has chosen an important research topic: how human behaviour and motivation influence the development of built environment for the society. We all are surrounded by buildings which fulfil very different functions for us, and all these buildings have been developed by people – professionals in their field of activity and with certain roles in connection with the whole process.

Based on this simple fact, the research is aimed at finding the factors and aspects that can increase the efficiency of the life cycle of a building. This survey of building life cycle is based on multiple criteria analysis.

The determination of the significance of the investigated alternatives and the establishment of the priority order for its implementation do not present much difficulty, if the criteria, numerical values and weight are obtained and the multiple criteria decision-making methods are used.

Prof E. K. Zavadskas presents theoretical fundamentals of the multiple criteria decision-making (MCDM) methodology:

- General formulation of a MCDM problem.
- The encountered difficulties in solving problems of MCDM (defining a compromising area, definition of the compromising scheme, normalisation methods of multiple criteria, preferential characteristics of the criteria and methods for their evaluation and utility functions).
- Discrete selection based on multiple criteria analysis.
- Selection of optimal parameter values in the decision-making process.

The user can calculate the significance of alternatives after determining the system of criteria which describes the alternatives, calculated numerical values and weight criteria, then these have been presented as a grouped decision matrix. The size of weights indicates how many times one criterion is more/less significant than other in a multiple criteria evaluation of alternatives. After determination of the significance of criteria by expert methods, it can be seen how much more significant one criteria is than another. The author presents theoretical methods for determining the weight of criteria: the preparation of initial information based on multiple criteria analysis, the determination of a weight of criteria based on the loss of values of these criteria, the determination of the weight values of criteria by means of an entropy, the determination of the criteria weight by the methods of expert estimate.

When performing multiple criteria assessment of



alternatives, it is necessary to normalise the values of criteria which describes the alternatives and then to weight them. This creates a possibility to compare the values of criteria with different measuring units, and to determine the most efficient alternatives. Prof E. K. Zavadskas analyses and applies a number of multiple criteria decision-making methods to construction:

- The criteria of a game theory (Wald, Savitch, Gurvits, Maximax).
- The generalised criteria (a success of a decision made (additive, mean-weighted success of a decision made, multiplicative, combined), utility functions, proximities to an ideal point).
- Consistent optimisation (agreement of solutions, ordering according to preferability, selection of non-dominant alternatives).
- Methods of synthesis.

If I should give some suggestions for further development of Prof E. K. Zavadskas' multiple criteria analysis, I would recommend that in a more practically orientated way of how and when to use the tool should be clarified together with its successive use in different building process stages. The strong and the weak sides of the tool should be pointed out, the limitations of the tool and how it could be supplemented with other initiatives towards higher effectiveness and efficiency. Such further development might also describe how the tool should be continuously improved through the experience gained from different applications.

The whole monograph is compiled in a competent manner and shows a high level of the author's professionalism.

I consider the monograph presented by Prof E. K. Zavadskas highly professional. Of course, as I am a 'professional lecturer' spending a number of my working hours on lecturing, it would be quite interesting to get more information about aspects such as how the results of this research are used for university lecturing, and about which aspects are more appreciated by students.

The work carried out during 28 years (since 1972) by Prof E. K. Zavadskas is valuable and represents quite a well-balanced knowledge of theoretical and practical aspects of multiple criteria analysis of construction.

**Erik Bejder,**

Associate Professor Ph.D.,

Aalborg University, Denmark



## ABSTRACTS

**E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas. History and trends of development of colloquy // STATYBA (Civil Engineering).** Vilnius: Technika, 2001, Vol VII, No 4. P. 265–275.

This article gives a brief summary of the research results achieved by the eight joint Lithuanian-German-Polish colloquium participants. Colloquium participants discussed a wide range of rational decision-making problems within the field of construction technology and organization. These problems can be joined into the following groups: creation of decision support systems intended for designing rational technological processes; creation, improvement and application of the multi-criterion decision-making methods; issues of the construction process harmonization, optimization and reliability have been discussed; problems related with the application of construction expert methods and the created expert systems; creation of the building life-cycle process models; the rational dwelling house construction selection model has been created; total life analysis, modelling and forecasting construction in Lithuania; efficiency increase in efficiency of e-commerce systems applying multi-criterion decision support systems.

Refs 144. Figs 2. Tables 3.

**F. Peldschus. Research on the sensitivity of multi-criterion evaluation methods // STATYBA (Civil Engineering).** Vilnius: Technika, 2001, Vol VII, No 4. P. 276–280.

Investigations into the multi-criterion evaluations have been performed for different purposes for more than 30 years. Nevertheless, up to now there are no common rules how to apply multi-criterion methods of evaluation and how to interpret their results. But the solutions of the problem must be found.

The investigations are based on the joint programme LEVI developed by the VGTU and the Leipzig HSTEC. In accordance with the programme, for solving the problem a matrix is created in which all solution variants are evaluated by the same criteria. For the transformation of initial data different methods are used. Besides, the problem solution may be oriented to a choice of a variant and the determination of an optimal sequence or to the determination of the rational behaviour balance of two adversely interested groups. The maximisation, minimisation and mixed problems are distinguished. In case of the last mentioned problems the meanings may be unsuitable and expressions about the maximisation or minimisation too strong.

When solving the problem of maximisation by different transformation methods, similar curves are obtained and the results are not dispersed heavily. In case of the minimisation, when solving according to different transformations, a considerable deviation of results has been noticed.

The investigations also disclosed that solutions may vary depending on the optimisation goal. Dispersion of results in case of minimisation is stronger than in case of maximisation. When analysing different transformations, the vectorial transformation is regarded as “neutral” and there is no sense to include it into comparison. In case of the minimisation problem, linear transformations should be investigated in a more detailed way.

Refs 4. Figs 9. Tables 11.

**O. Kapliński. Phenomenon of inertia in construction industry // STATYBA (Civil Engineering).** Vilnius: Technika, 2001, Vol VII, No 4. P. 281–285.

The paper analyses the influence of the effect of inertia on the reliability of production systems. Systems inertia represents the phenomenon of continuing work for some time after the occurrence of breakdown of one of the former phases. In our considerations, inertia is treated as the time which has elapsed from the onset of breakdown in the system till the system's indisability to work.

A special method had to be devised to investigate the effect of inertia in order to evaluate the reliability of production systems and to attempt algorithmization to control the reliability of production system by means of inertia or reserving S.

Refs 22. Figs 4.

**R. Seeling. Possibilities of implementing the resolution No 92/57 ES of the Council of the EU ministries in Germany // STATYBA (Civil Engineering). Vilnius: Technika, 2001, Vol VII, No 4. P. 286–293.**

The new system of works that are carried out on the contract terms valid in Germany has been considered. The analysis of accidents that may occur in the course of construction has been made. The liability of the owner of construction for the works performed on the contract terms has been established. The requirements applied to coordination of construction works (receiving approvals), the function of this coordination as well as the procedure for calculating remuneration have been analysed in detail. The responsibility of participants of a new system of works performed on the contract terms has been indicated.

Refs 2. Fig 1. Tables 8.

**B. Reichelt. New ways of package projects for small and medium-sized enterprises (SME) in Germany // STATYBA (Civil Engineering). Vilnius: Technika, 2001, Vol VII, No 4. P. 294–303.**

Construction market crisis in Germany has been dragging a long time and it gives a lot of problems for small and middle construction enterprises. Construction industrial capacities exceed demand and it makes great competition between construction firms. Materials prices go up, however prices of production (of the same quality) are going down. Expenses can decrease a little without structural changing; however, it does not help avoid frequent bankruptcies of construction enterprises. Sooner or later legal and illegal competition between local and foreign workers and enterprises is going to raise structural changing in relations of construction participants.

Refs 7. Figs 5.

**R. Ginevičius, V. Podvieszko. Complex evaluation of economical-social development of Lithuanian regions // STATYBA (Civil Engineering). Vilnius: Technika, 2001, Vol VII, No 4. P. 304–309.**

According to the recommendations of the European Commission, social and economical development of regions could be evaluated by its contestability, estimated in GDP per capita. Calculations show that such method is quite appropriate for identification of the mostly developed and the mostly lagging behind regions. Meanwhile, evaluation of social and economical level of all regions could be performed by method of multi-criterion evaluation, which has been examined in the article.

Refs 8. Fig 1. Tables 3.

**J. Pasławski. The hierarchy of decision-making criteria in concreting at low temperatures // STATYBA (Civil Engineering). Vilnius: Technika, 2001, Vol VII, No 4. P. 310–313.**

Problems involved in making technology related decisions in concreting at low temperatures are discussed. Apart from having to obtain a concrete with sufficient freeze resistance (*conditio sine qua non*), a variety of factors need consideration. In traffic engineering, durability properties are of greatest importance. According to applicable Polish Standards, properties such as loss of weight and loss of compression strength of concrete are included in ageing tests. Examples of findings of relevant tests performed on concrete samples without a modifier and those with three levels of a modifier are shown.

Refs 7. Figs 3.

**W. Meszek, T. Thiel. Multi-criterion assessment of economic and financial condition of selected construction companies in Poland // STATYBA (Civil Engineering). Vilnius: Technika, 2001, Vol VII, No 4. P. 314–320.**

The paper presents two methods of assessing economic and financial condition of selected construction companies in Poland. The first is based on the traditional synthetic Altman Index. The value of this index has been calculated separately for each company. The second method, proposed by the authors, is the UTA method that applies the utility function. This paper describes the UTA method, as well as information, given and applied in “Prefcalc” software. The programme was applied in calculations. Final ranking of all companies, obtained by both methods, was the basis for comparison of the results.

Refs 9. Tables 2.

**L. Ustinovičius. Determining integrated weights of attributes // STATYBA (Civil Engineering). Vilnius: Technika, 2001, Vol VII, No 4. P. 321–326.**

Objektive and subjektive criteria were analyzed. The need for calculating the integrated weightiness was revealed. A special method for determining the integrated weightiness of criteria is suggested. By this approach the objektive weightiness of the attributes is defined by means of the entropy method, while the subjektive weightiness is found by

pairwise comparison. A system of equations to be used in calculating the integrated weights was suggested and validated.

The application of the method suggested was demonstrated by sample problem of comparing the alternatives available in purchasing an office for a firm.

Refs 20. Fig 1. Tables 4.

**E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas, S. Raslanas, V. Malienė. The application of multi-criterion methods for valuation recreation property // STATYBA (Civil Engineering). Vilnius: Technika, 2001, Vol VII, No 4. P. 327–333.**

This article describes a new method of multi-criterion analysis. This method, based on the market analysis and valuation principle, is in line with the traditional comparative value method, therefore it can be attributed to the group of the indirect comparative value methods. These methods facilitate the universal and more extensive multi-criterion analysis of the property, since they take account of a number of different criteria, ie qualitative, quantitative ones, market conditions. The proposed method can meet the demands and needs of many interested groups since it enables to estimate not only the market value of the property, but also other values, eg investment value, value of use, market value of the current use of the property, etc. This article describes the theoretical model of the method, which was used to estimate the market value of the recreation premises.

Refs 7. Fig 1. Tables 3.

**S. Mitkus. Public procurement of construction work: a bimatrix game model // STATYBA (Civil Engineering). Vilnius: Technika, 2001, Vol VII, No 4. P. 334–338.**

The article deals with analysis of possibilities of applying methods of games theory for public procurement of construction works. There is one model of games theory – bimatrix games – analyzed and presented example of this model in the article.

Two players take part in this kind of game. The first – contractor for which we want to choose an efficient strategy. As the second player we regard all the rest of contractors taking part in public procurement. Despite of it the last presumption makes the model inadequate to real situation in public procurement; the article shows that the inadequacy is not significant and it is possible to apply models with such presumptions for selection of efficient strategies in public procurement.

Because the subject of this paper is only technique, the application of game theory methods for selection of efficient strategies is the subject for further investigations.

Refs 6. Fig 1. Table 1.

## *Straipsnių rengimo taisyklės*

Žurnalui priimami tokios arba analogiškos struktūros moksliniai straipsniai: įvadas, tyrimų tikslas, objektas, metodas ar metodikos, pateikiami rezultatai, išvados ar apibendrinimas, naudotos literatūros sąrašas.

Straipsnius recenzuoja du redakcinės kolegijos nariai arba jų skirti recenzentai.

Mokslo žurnalo redakcijos kolegijai pateikiami 2 straipsnio egzemplioriai (tekstas su formulėmis, brėžiniais, lentelėmis, santraukomis, referatais), **parengti kompiuteriu ir išspausdinti lazeriniu spausdintuvu (printeriu) pagal nurodytus reikalavimus, ir diskelis su straipsnio įrašu (PC Windows terpė, Word 97 redaktorius)**. Autorius pasirašo antrąjį egzempliorių.

1. Žurnalo formatas – 60 × 84 1/8 (A4 formato lapo dydis).

2. Kalba. Straipsnius galima rašyti viena iš šių penkių kalbų: lietuvių, anglų, vokiečių, prancūzų, rusų.

3. Straipsnio dydis ribojamas iki 0,5 sp. lanko.

4. Popierius. Straipsniai spausdinami kokybiškame A4 formato popieriuje, skirtame lazeriniams spausdintuvams.

5. Spausdinimo plotas. Tekstai, formulės, lentelės, brėžiniai pateikiami puslapiuose, kurių kiekvieno spausdinamasis laukas yra 170 × 245 mm (atstumai nuo lapo viršaus ir apačios – 2,50 cm, kairės ir dešinės – 2,00 cm).

6. Spausdinimas. Straipsniai renkami personaliniu kompiuteriu WINWORD redaktoriumi TIMES NEW ROMAN šriftu.

6.1. Straipsnio pavadinimas spausdinamas 50 mm nuo puslapio viršaus (toje vietoje bus įrašomas žurnalo pavadinimas ir numeris) didžiosiomis raidėmis **12** punktų (pt) **Bold**. Lygiuojama prie kairiojo krašto. Tarp pavadinimo ir autoriaus pavardės – 1 eilutės intervalas.

6.2. Autoriaus, bendraautorių vardų inicialai ir pavardės spausdinami mažosiomis raidėmis **11** pt **Bold**. Lygiuojama prie kairiojo krašto. Po pavardės nurodomas institucijos, kuriai atstovauja autorius, pavadinimas *Italic* šriftu 11 pt. Tarpas tarp pavadinimo ir teksto – 1 eilutės intervalas.

6.3. Tekstas spausdinamas 10 pt, intervalu „At least 15 pt“, dviem skiltimis, tarp kurių paliekamas 6 mm tarpas. Pirmą eilutę atitraukta 7 mm.

6.4. Formulės renkamos EQUATION EDITOR. Matematinų išraiškų pagrindiniai simboliai rašomi *Italic* šriftu 10 pt, indeksai – 8 pt. Matricos žymimos laužtiniuose skliaustuose, vektoriai – **Bold** šriftu **10** pt. Formulės numeruojamos arabiškais skaitmenimis lenktiniuose skliaustuose. Tarpas tarp formulės ir teksto – 1 eilutės intervalas.

6.5. Paveikslai ir lentelės spausdinami ten, kur jie minimi tekste. Didelio formato lentelės ir paveikslai dedami lapo viršuje arba apačioje. Grafikus ir brėžinius braižyti kompiuteriu. Jeigu sudėtingi brėžiniai braižomi ranka, jie skenuojami. Papildomai jie pateikiami atskiru failu (\*.tif arba \*.pcx tipo). Nuotraukos turi būti nespalvotos, geros kokybės, ryškios ir tinkamos reprodukuoti. Parašai po paveikslais ir lentelių

pavadinimai rašomi straipsnio kalba ir anglų kalba 9 pt mažosiomis raidėmis. Paveikslai ir lentelės nuo teksto atskiriami 1 eilutės intervalu.

6.6. Įvado, skyrių, poskyrių pavadinimai spausdinami mažosiomis raidėmis **10** pt **Bold**. Lygiuojama prie kairiojo krašto. Įvadas, skyrių pavadinimai, išvados numeruojami vienu arabišku skaitmeniu, poskyrių – dviem skaitmenimis. Skyrių ir poskyrių pavadinimai nuo teksto atskiriami vienos eilutės intervalu.

6.7. Tekste nurodoma literatūra numeruojama arabiškais skaitmenimis laužtiniuose skliaustuose. Cituojamos literatūros sąrašas pateikiamas po straipsnio tekstu. Žodis **Literatūra**, kaip ir skyrių pavadinimai, rašomas mažosiomis raidėmis **10** pt **Bold** kairėje lapo pusėje, aprašoma literatūra – 9 pt, intervalu „Single“. Literatūra aprašoma originalo kalba pagal galiojančius Lietuvos standartus.

6.8. Po literatūros sąrašo spausdinama santrauka. Jeigu straipsnis parašytas lietuvių kalba, ji rašoma anglų kalba; anglų kalba parašytam straipsniui santrauka rašoma lietuvių kalba; straipsniams, parašytiems vokiečių, prancūzų, rusų kalbomis, rašomos dvi santraukos – lietuvių ir anglų kalbomis. Santraukos pavadinimas rašomas didžiosiomis raidėmis **9** pt **Bold**, autoriaus (bendraautorių) vardo inicialai ir pavardė – mažosiomis raidėmis **9** pt **Bold**, žodis S a n t r a u k a arba S u m m a r y – mažosiomis raidėmis 9 pt retintai. Lygiuojama prie kairiojo krašto. Atskiriama 1 eilutės intervalu. Santraukos tekstas rašomas 9 pt, intervalu „Single“. *Santraukos turi būti išsamios, ne trumpesnės kaip 600 spaudos ženklų*.

6.9. Straipsnių puslapiai numeruojami paprastu pieštuku apatiniam dešiniajame kampe.

7. Po straipsnio rašomi duomenys apie autorių anglų kalba: vardas, pavardė, mokslinis laipsnis ir vardas, darbovietė, adresas, pareigos, mokslinė biografija, stažuotės, svarbiausi darbai, moksliniai interesai, autoriaus el. pašto adresas.

8. Atskirame lape pateikiami referatai anglų ir lietuvių kalbomis.

*Literatūros sąrašo pavyzdys:*

### **Literatūra**

1. A. Žalnierukas. Kartografavimo stambiais masteliais projekcijos // Vilniaus technikos universiteto mokslo darbai. Geodezijos darbai. Nr. 19. V.: Technika, 1994, p. 46–55.
2. R. Belevičius. Computer Algebra in Finite Element Method. Vilnius: Technika, 1994. 154 p.
3. A. K. Noor, M. D. Mathers. Anisotropy and shear deformation in laminated composite plates // AIAA J., 14, 1976, p. 282–285.
4. P. H. Müller. Lexikon der Stochastik. Berlin: Akademie-Verlag, 1975. 525 S.