

АЕРОПОРТИ ТА ЇХ ІНФРАСТРУКТУРА

УДК 515.2:721.011:56

¹ **Э.К. Завадскас**, д-р техн. наук (Литва)² **А. Каклаускас**, д-р техн. наук (Литва)³ **А. Андрушкявичюс**, д-р инж. (Литва)⁴ **М. Витейкиене**, магистр (Литва)

ИНТЕРНЕТНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (Литва)

e-mail: ¹ edmundas.zavadskas@adm.vtu.lt, ² artka@st.vtu.lt,³ admin@giedra.lt, ⁴ milda.viteikiene@adm.vtu.lt

Рассмотрена база данных лучших практических решений и интернетная система поддержки принятия решений при оценке инновационных проектов в строительстве. Система поддержки принятия решений разработана с использованием многокритериального анализа и содержит целый ряд моделей, которые могут существовать вне и внутри данной системы.

Введение

В интернете и периодических научных журналах [1–18] можно найти немало информации об управлении строительством и строительном оборудовании. Базы данных включают в себя описания наилучших практических решений, расчетов, анализа, программного обеспечения, систем экспертной оценки и принятия решений, разработанных в области управления строительством и строительной техникой и отражающих ряд новых услуг. Результаты исследований в этих областях обобщены в книгах [19–27].

Системы поддержки принятия решений

Большинство систем поддержки принятия решений (СППР) направлены на поиск наиболее рациональных экономических решений и служат только экономическим целям. Однако при оценке различных вариантов проектов строительства необходимо учитывать их экономические, качественные, технологические и другие характеристики [4; 5; 8; 9; 11; 13–18; 20; 21; 25–28].

При покупке дома многие люди руководствуются ценой, другие обращают внимание на эксплуатационные издержки:

- стоимость отопления;
- уход за помещением;
- ремонтные работы;
- страховка;
- налоги;
- другие сопутствующие расходы.

Часто покупатели концентрируют внимание на темпах благоустройства территории и создания необходимой инфраструктуры (школ, больниц, театров, концертных залов, систем транспорта и связи и т.д.), учитывают степень загрязнения окружающей среды и соседей.

Большинство клиентов ценит комфорт, удобства и связывает их с количеством и пропорциональным расположением комнат в доме, их размером, высотой потолка, планировкой, функциональностью, величиной кухни, общей площадью квартиры, отсутствием вредных материалов, термо- и звукоизоляцией стен, качеством инженерного оборудования и т.д. Однако покупатели все чаще пытаются произвести комплексную оценку достоинств и недостатков дома. Разные люди используют различные критерии и придают различную значимость и вес одним и тем же факторам при выборе конкретного варианта в зависимости от своих потребностей и возможностей. Для оказания существенной помощи покупателям в выборе наилучшего дома СППР должна включать в себя достаточную историческую информацию об аналогичных зданиях в течение их срока службы. Эти данные могут быть объективными и субъективными.

Объективные данные включают в себя:

- стоимость здания;
- его размеры;
- процент по ссуде на покупку или строительство дома;
- основные характеристики тепло- и звукоизоляции внешних стен;
- уровень загрязнения вредными веществами и его колебания.

Субъективные данные связаны с эстетическим видом здания, окружающей обстановкой, комфортом и удобствами, а также с будущими соседями. Как правило, взгляды людей на эти вопросы существенно различаются. Их мнения могут со временем меняться, и это является положительным моментом, так как отражают цели покупателей и их восприимчивость к переменам.

При рассмотрении конкретных вариантов покупатель должен оперативно получать исчерпывающую информацию о рассматриваемом проекте, т.е. иметь качественные и количественные критерии, их значимость и вес с необходимыми пояснениями. В частности, он должен получать детальную и своевременную информацию о наличии в здании материалов, вредных для здоровья, их воздействии на человека с течением времени, качестве, сроке службы здания, возможные варианты обеспечения его надежности и безопасности в различных условиях и т.д. Кроме того, покупатели в зависимости от их опыта, потребностей и имеющихся ресурсов должны иметь возможность обновлять критерии выбора определенных вариантов и повышать требования к ним.

Система поддержки принятия решений должна включать в себя четыре основные части:

- базу данных;
- систему управления базой данных;
- интерфейс пользователя;
- систему управления сообщениями.

Существует несколько разновидностей баз данных: первая объединяет взаимосвязанные и совместно хранимые данные, т.е. объекты информации, предназначенные для компьютерной обработки, вторая содержит данные и программы для их обработки.

Системы управления базами данных разработаны для определения, создания, эксплуатации, контроля, управления и использования баз данных.

Специальное программное обеспечение необходимо для того, чтобы пользователь мог работать и связываться с базами данных. Система управления базами данных обеспечивает доступ к данным, а также ко всем контролирующим программам, необходимым для получения нужной информации в форме, подходящей для анализа соответствующего объекта без чрезмерных усилий со стороны пользователя, который осуществляет программирование.

Основными функциями системы управления базами данных являются:

- создание (проектирование) структуры базы данных;
- эксплуатация;
- поиск;
- сортировка;
- обработка данных.

Иногда базы данных рассматриваются как относительно самостоятельные системы и банки данных, включающие информацию, математические, лингвистические и организационные средства, программное и компьютерное обеспечение.

Система управления базами моделей выполняет ту же самую функцию относительно моделей в СППР. Она следит за всеми моделями, используемыми во время проведения анализа и контролирует их работу. Система управления базами моделей поддерживает связь между моделями так, что результаты, получаемые при использовании одной модели, могут вводиться в другую модель. Интерфейс пользователя представляет собой механизм для ввода и вывода данных из системы.

Система включает в себя все вводящие устройства и экраны, посредством которых пользователи могут получить необходимые результаты. Система управления сообщениями позволяет использовать электронную почту как дополнительный источник данных.

Система поддержки принятия решений представляет собой основу, облегчающую лицам, принимающим решения, осуществлять этот процесс, пользуясь легкодоступным меню или системой команд. Обычно СППР оказывает помощь в формировании вариантов, получении данных, разработке моделей и интерпретации полученных результатов, а также при выборе вариантов или анализе последствий сделанного выбора.

Система поддержки принятия решений может содержать целый ряд моделей, которые могут существовать вне и внутри данной системы. Модели отличаются следующими аспектами:

- представлением;
- временным измерением;
- методологией.

Репрезентационные модели могут подразделяться на качественные и количественные.

Качественные модели, основанные на данных, предоставляемых экспертами, и множестве критериев, опираются на суждения, субъективные взгляды, мнения и экспертные оценки. При оценке одних и тех же качественных характеристик одного и того же варианта различные эксперты часто приходят к различным результатам. Это объясняется разным опытом, образовательным цензом, целями, используемыми средствами и т.д. Получаемые результаты могут достичь большей объективности при использовании экспертных методов оценки.

Количественные модели, т.е. статистика и учет, представляют объективные особенности имеющихся вариантов, не зависящие от субъективного мнения и оценки эксперта.

Объективность выражается в денежных единицах, килограммах, метрах, степени, процентах, коэффициентах и пр.

Как количественные, так и качественные модели имеют свои достоинства и недостатки.

Количественные модели объективно представляют описываемые варианты, однако им не хватает глубины и всестороннего описания.

Качественные модели представляют реальность субъективного более глубоко и всесторонне.

Таким образом, применение тех или иных методов обычно зависит от конкретной ситуации, в которой принимается решение.

Довольно часто в принятии решения применяется комплексный метод, включающий как качественные, так и количественные оценки. В частности, при анализе общего уровня комфортности здания качественные методы будут наиболее рациональны. Однако для оценки затрат, необходимых в течение срока службы данного здания (стоимости его покупки, строительства, эксплуатации, ремонта, страховки и т.д.), применение количественных методов наиболее уместно.

Модели, содержащие временное измерение, подразделяют на статические и динамические.

Статические модели опираются на те особенности объекта (варианта), которые не меняются во времени, тогда как динамические модели учитывают изменчивую природу объекта, проявляющуюся с течением времени.

Рассматриваемая методология также направлена на изучение способов сбора и обработки информации.

Существует пять основных методов:

- полная нумерация;
- использование алгоритмов;
- эвристический подход;
- моделирование;
- аналитические методы.

При полной нумерации собирается и оценивается информация обо всех возможных вариантах решения. Данный метод требует много времени, дорогостоящий, часто непрактичен. Его можно использовать, в частности, при проведении всеобщей переписи населения.

Алгоритмические модели лучше всего представлены методами операционного анализа для подсчетов с начала до конца, т.е. с момента ввода начальных данных до получения желательных результатов или достижения цели.

Эвристические модели применяют для решения задач, не поддающихся решению с помощью алгоритмов.

Все эвристические модели включают в себя поиск, оценку и получение лучшего результата. Данные модели помогают сократить количество искомых опций и направлены на обеспечение решения других задач. Эвристика является наиболее важной частью систем искусственного интеллекта и экспертных систем.

Моделирование применимо к задачам, неподдающимся исследованию и точному решению с помощью математического анализа. Модели помогают создать адекватную и типичную ситуацию, представленную в рассматриваемом варианте. Существующие модели упрощают отношения и зависимости между рассматриваемыми вариантами и дают информацию об условиях, помогающих найти рациональное решение.

Воспроизведение возможных состояний того или иного варианта дает возможность экспериментировать и улучшать функционирование системы. Подобный метод часто используют при исследовании проблем, связанных с хранением товара, определением спроса на некоторые продукты, поступлением сырья и т.д. В начале аналитического моделирования осуществляют общий анализ варианта. Затем вариант подразделяют на отдельные части для исследования. Далее определяют отношения и зависимости, существующие между отдельными составляющими элементами. Эффективным способом аналитического моделирования является статистический анализ.

Интернетная система поддержки инновационных решений

На основе анализа существующих вычислительных и аналитических систем, имеющейся информации, экспертных оценок и СППР в Вильнюсском техническом университете им. Гедиминаса была создана интернетная система принятия решений для внедрения инноваций в строительстве, помогающая определить наиболее эффективные варианты решений, опирающиеся на существующие лучшие практические образцы. Данная система состоит из базы данных, включающих лучшие практические решения, системы управления базой данных, базы моделей, системы управления базой моделей и интерфейса пользователя.

Инновационная деятельность затрагивает интересы различных групп, имеющих разные цели, возможности, образование и опыт. Это приводит к тому, что различные группы по-разному подходят к поиску решения. Для всестороннего анализа имеющихся альтернатив и эффективного компромиссного решения информацию, касающуюся экономических, технических, технологических, управленческих, организационных, юридических, социальных проблем, тщательно изучают и обрабатывают. Эта информация должна быть ориентирована на потребителя. Информация в интернетной системе поддержки инновационных решений (ИСПИР) может быть представлена в цифровой и графической формах в виде текста, диаграмм, рисунков, видеозаписи, а также в звуковом, фотографическом изображении.

Представление количественной информации основано на системах и подсистемах критериев, единиц измерения, а также величин, полностью определяющих рассматриваемый вариант.

Понятийная информация описывает варианты решения, критерии, способы определения их значений.

Таким образом, ИСПИР дает возможность лицу, принимающему решение, получать различную концептуальную и количественную информацию об инновационной альтернативе из базы данных лучших практических решений и из базы моделей, позволяющую анализировать все аспекты и находить эффективное решение.

База данных ИСПИР состоит из следующих частей:

- инновации;
- строительства;
- управления ресурсами (помещениями и оборудованием);
- недвижимого имущества;
- обновления и реконструкции;
- сбалансированного развития;
- ссуд и займов;
- международной торговли;
- этических проблем.

База данных ИСПИР содержит таблицы первоначальных данных и таблицы оценки инновационных альтернатив.

Таблицы первоначальных данных включают в себя информацию об инновациях в области недвижимого имущества, строительства, финансов и т.д.

Эти таблицы содержат количественную и концептуальную информацию об альтернативных инновационных решениях, касающихся финансов, информационных и интернетных технологиях, управлении имеющимися ресурсами и недвижимым имуществом и т.д.

Пользователь, желающий получить экспертное решение, должен подставить в таблицы оценки инновационных решений точную информацию о рассматриваемых вариантах в соответствии с его финансовым положением. Количественная информация всегда объективна. Реальные инновационные альтернативы имеют реальную цену. Качественные критерии весьма субъективны, хотя экспертные оценки несколько увеличивают их объективность.

Таблицы оценки инновационных решений служат основой для создания матриц принятия решения. Данные матрицы наряду с использованием базы моделей и самих моделей позволяют производить многокритериальный анализ альтернативных инновационных проектов, способствующих выбору наиболее выгодных вариантов.

Эффективность инновационного проекта часто определяется с учетом технических, технологических, организационных, управленческих, юридических, социальных и других факторов, которые, в свою очередь, учитывают экономические, эстетические, технические, технологические аспекты, а также степень комфортности и имеющееся пространство.

База моделей должна включать модели, дающие возможность лицу, принимающему решение, произвести тщательный анализ имеющихся вариантов и сделать правильный выбор.

В базе данных содержатся следующие модели:

- модель определения веса критериев;
- модель проведения многокритериального анализа и определения приоритетности (очередности) вариантов;
- модель определения степени полезности проекта;
- модель определения рыночной стоимости проекта.

В соответствии с потребностями пользователя модели могут иметь систему управления. Когда используется та или иная модель, например, поиск инновационной альтернативы, полученные результаты становятся исходными данными для некоторых других моделей, в частности, для моделей многокритериального анализа и установления приоритетности.

Последние результаты, в свою очередь, берутся в качестве исходных данных для других моделей, например, для определения степени полезности альтернативных проектов.

Система управления базой моделей позволяет их регулировать, в частности, устранять уже ненужные модели и добавлять новые, связанные с уже существующими моделями.

Поскольку оценка инноваций обычно осуществляется с учетом разнообразных факторов и аспектов, база моделей должна обеспечивать возможность тщательно проанализировать имеющиеся варианты и сделать правильный выбор. Для рассмотрения и оценки инновационных альтернатив разработаны методы и модели многокритериального анализа используемые в ИСПИР [1–4; 8; 9; 12–18; 20; 24–28].

Новый метод и модель комплексного определения веса критериев с учетом качественных и количественных характеристик объекта позволяют рассчитать и скоординировать качественные и количественные критерии с учетом упомянутых характеристик.

Метод и модель многокритериальной комплексной пропорциональной оценки проектов дают возможность пользователю получить обобщенный критерий, определяющий общую эффективность проекта.

Данный обобщенный критерий прямо пропорционален величине относительного влияния значений и веса критериев на эффективность проекта.

Метод и модель определения степени полезности и рыночной стоимости проектов, основанный на комплексном анализе их сильных и слабых сторон, направлены на установление конкурентоспособной рыночной цены рассматриваемого проекта. Метод и модель многокритериального проектирования жизненного цикла проекта позволяют создавать с помощью компьютера до 100 000 альтернативных вариантов. Все создаваемые варианты жизненного цикла проекта основаны на количественной и концептуальной информации. Кроме того, разработаны новые методы и модели оценки организации и технологии возможных вариантов производственных процессов строительной фирмы.

С помощью ИСПИР можно решить следующие типичные проблемы:

- инновации;
- строительство;
- эксплуатация;
- недвижимое имущество;
- реновация, реконструкция;
- сбалансированное развитие;
- ссуды;
- международная торговля;
- этика.

Применение ИСПИР на многокритериальной основе дает возможность оценить каждый этап анализа проекта и его составные части. Выполненные расчеты, позволили установить, насколько один вариант лучше другого, выявить причины такого различия.

Намеченные пути повышения эффективности инновационных проектов основаны на анализе критериев и их значимости и веса. Применение ИСПИР значительно экономит время пользователя, повышает эффективность и качество анализа инновационных проектов (рис. 1, 2).

Вывод

Анализ расчетных, аналитических информационных и экспертных систем, нейронных сетей и СПИР, созданных учеными различных государств, позволил авторам данного исследования разработать собственную ИСПИР.

Созданная система отличается от уже существующих новыми методами многокритериального анализа. База данных, содержащая лучшие практические решения, разработана на основе всесторонней оценки альтернативных вариантов с учетом экономических, технических, технологических, организационных, управленческих, юридических и других факторов.

Созданная система баз данных позволяет пользователю анализировать инновационные альтернативы с количественной и качественной сторон. Количественная информация включает в себя определенные системы и подсистемы критериев, единицы измерения, значения и вес критериев и т.д. Качественная информация основана на концептуальной сущности, например, тексте, формулах, схемах, графиках, диаграммах и видеозаписях.

Литература

1. Андрушкявичюс А., Гинявичус Р., Завадскас Э.К. Моделирование очередности выполнения технологических процессов в строительстве // Вісн. НАУ. – 2003. – № 3–4. – С. 136–140.
2. Завадскас Э.К., Подвезко В., Андрушкявичус А. Аксиоматический подход к оценке ритмичности производства // Вісн. НАУ. – 2004. – № 3. – С. 42–45.
3. Ginevičius R., Andruškevičius A. Quantitative evaluation of technology used by construction enterprises // Technological and economic development of economy. – 2004. – Vol. X, № 3. – P. 83–87.
4. Ginevičius R., Podvezko V., Andruškevičius A. Determining of technological effectiveness of building systems by AHP method // Technological and economic development of economy. – 2004. – Vol. X, № 4. – P. 135–141.
5. Hejducki Z. Sequecing problems in methods of organising construction processes // Engineering, Construction and Architectural Management. – 2004. – Vol. 11, Issue 1. – P. 20–32.
6. Hejducki Z. Scheduling model of construction activity with time couplings // Journal of Civil Engineering and Management. – 2003. – Vol. 9, № 4. – P. 284–291.
7. Jaskowski P., Sobotka A. Scheduling construction projects with resources accessibility limited and changeable in time // Journal of Civil Engineering and Management. – 2004. – Vol. 10, № 4. – P. 267–276.
8. Kaklauskas A., Zavadskas E.K., Raslanas, S. Multivariant design and multiple criteria analysis of building refurbishmen // Energy and Building. – 2005. – Vol. 37, Issue 4. – P. 361–372. Elsevier.
9. Kaklauskas A., Zavadskas E.K., Šaparauskas J. Knowledge management and decision making // Technological and economic development of economy. – 2004. – Vol. X, № 4. – P. 142–149.
10. Sobotka A., Czarnigowska A. Analysis of supply system models for planning construction project logistics // Journal of Civil Engineering and Management. – 2005, Vol. 11, № 1. – P. 75–82.
11. Tamošaitis R. Simulation of technological processes of civil engineering companies // Informatica. – 2001. – Vol. 12, № 4. – P. 585–592.
12. Zavadskas E.K., Ginevičius A., Andruškevičius A. A model of construction work scheduling // Zeszyty naukowe politechniki Białostockiej. – 2004. Budownictwo – Zeszyt 25. – S. 315–322.

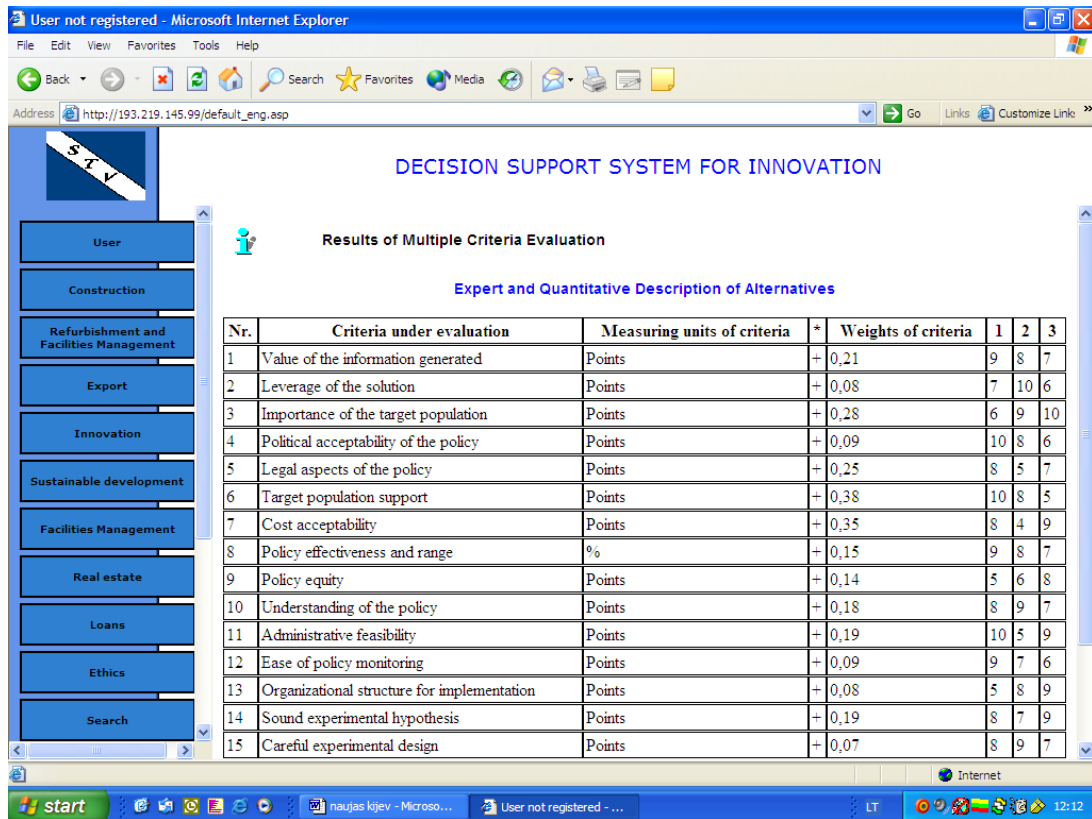


Рис. 1. Многокритериальный анализ государственной политики в области технологических инноваций

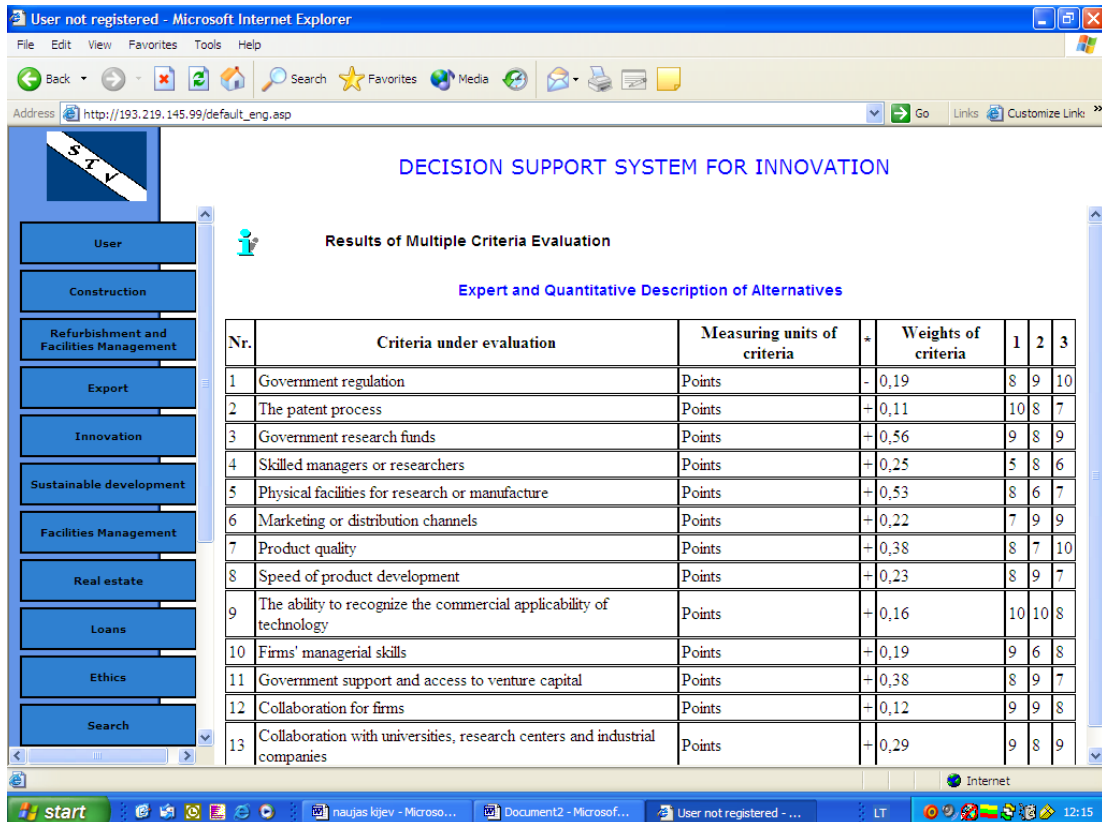


Рис. 2. Многокритериальный анализ государственных альтернатив для уменьшения барьеров в области инноваций

13. *LEVI 3.0* – multiple criteria evaluation program for construction solutions / E.K. Zavadskas, L. Ustino-vichius, Z. Turskis. *Journal of Civil Engineering and Management*. – 2002. – Vol. 8, Issue 3. – P. 184–191.
14. Zavadskas E.K., Kaklauskas A., Banaitis A., Kvederytė N. Housing credit access model: The case for Lithuania // *European Journal of Operational Research*. – Elsevier, 2004. – Vol. 155, № 2. – P. 335–352.
15. *A multiple criteria decision support Web-based system for facilities management* / E.K. Zavadskas, A. Kaklauskas, M. Gikys, a.o. // *International Journal of Internet and Enterprise Management*, Inderscience Enterprises Ltd. – Geneva, Switzerland, 2004. – Vol. 2, № 1.
16. Zavadskas E.K., Kaklauskas A., Gulbinas A. Multiple criteria decision support Web-based system for building refurbishment // *Journal of Civil Engineering and Management*. – 2004. – Vol. X. – № 1. – P. 77–85.
17. Zavadskas E.K., Kaklauskas A., Viteikiene M. Database of Best Practices and Decision Support Web-based System for Construction Innovation // *Proc. 10th Intern. Conf. on Computing in Civil and Building Engineering*. – Weimar, Jun. 02-04, 2004. Ed. Karl Beucke, Berthold Firmenich, Dirk Donath, Renate Fruchter, Kim Roddis. – Bauchaus – Universität Weimar, 2004. – P. 186–187.
18. Zavadskas E.K., Ginevičius R., Andruskevicius A. Multicriteria evaluation for the sequence of the technological operations in construction // *Modern building materials, structures and techniques. Selected papers of the 8th Intern. Conf., May 19-21, 2004*, Vilnius / Ed. E.K. Zavadskas, P. Vainiūnas, F.M. Mazzolani. – Vilnius Gediminas Technical University: Press “Technika”, 2004. – P. 326–329.
19. Андрушкявичюс А., Садаускас В., Тамошайтис Р., Завадскас Э.К. Повышение ритмичности работы ремонтно-строительных организаций. – Вильнюс: ЛитНИИТИ, 1989.
20. Kaklauskas A., Zavadskas E.K. Web-based decision support. – Vilnius: Technika, 2002. – 292 p.
21. Kaplinski O. Modelling of construction processes // *A management approach*. – Polska Akademia Nauk, Warszawa, 1997.
22. Seeling R. *Projectsteuerung im Bauwesen*. – Stuttgart: B.G.Teubner, 1996. – 150 s.
23. Seeling R. *Unternehmensplanung im Baubetrieb*. – Stuttgart: B.G.Teubner, 1995. – 259 s.
24. Ustinovičius L., Zavadskas E.K. Assessment of investment profitability in construction from technological perspectives. – Vilnius: Technika, 2004. – 220 p.
25. Zavadskas E.K., Kaplinski O., Kaklauskas A., Brzezinski J. Expert systems in construction. Trends, potential and applications. – Vilnius: Technika, 1995. – 180 p.
26. Zavadskas E.K., Simanuskas L., Kaklauskas A. Decision support systems in construction. – Vilnius: Technika, 1999. – 205 p.
27. Zavadskas E.K., Peldschus F., Ustinovichius L., Turskis Z. Game theory in building technology and management. – Vilnius: Technika, 2004. – 196 p.
28. Kaklauskas A., Zavadskas E.K., Raslanas, S. Decision support systems in Lithuania // *Computer Modelling and New Technologie*. – 2004. – Vol. 8, № 2. – P. 26–32.

Стаття надійшла до редакції 03.10.05.

Е.К. Завадскас (Литва), А. Каклаускас (Литва), А. Андрушкявичюс (Литва), М. Вітейкієне (Литва)
 Інтернетна система підтримки прийняття рішень при оцінці інноваційних проектів у будівництві
 Розглянута база даних кращих практичних розв'язків та інтернетна система підтримки прийняття рішень при оцінці інноваційних проектів у будівництві. Система підтримки прийняття розв'язків розроблена з використанням багатокритеріального аналізу та містить цілий ряд моделей, які можуть існувати поза і всередині даної системи.

E.K. Zavadskas (Lithuania), A. Kaklauskas (Lithuania), A. Andrushkjavichus (Lithuania), M. Vitejkiene (Lithuania)
 Internet decision-making system for estimation of innovative projects in building construction
 A data base of the best practical decisions and Internet decision-making system for estimation of innovative projects in building construction is considered. Internet decision-making system is developed with usage of multi-criteria f analysis. Internet decision-making system contains a whole set of models, which can exist outside and inside of the given system.