

УДК 519.688:004.896



КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ СРЕДСТВ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ СИНТЕЗЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

В.В. Бескоровайный¹, О.В. Зыкова²

¹ ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, beskorovainyi@kture.kharkov.ua

² ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, zykovaolga@online.ua

Предложен состав средств системы поддержки многокритериального оценивания и выбора решений при проектировании и управлении крупномасштабными объектами. Система поддержки принятия решений включает математические модели и методы классической количественной теории полезности, анализа иерархий и определения отношения превосходства по качеству *ELECTRE*. Система с таким набором средств за счет более тщательной экспертизы позволяет определять более эффективные проектные и управленческие решения.

ТЕРРИТОРИАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ, СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ, ОПТИМИЗАЦИЯ, МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ, ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, ФУНКЦИЯ ОБЩЕЙ ПОЛЕЗНОСТИ, ИДЕНТИФИКАЦИЯ

Введение

Эффективность антропогенных систем во многом определяется способом их структурной организации. Практически любая система может быть реализована на различных наборах элементов, различных схемах и типах связей между элементами. В процессах проектирования, планирования развития или реорганизации систем неизбежно возникает проблема выбора наиболее рационального способа их структурной организации с учетом множества разнородных показателей качества. Такой выбор, как правило, производится с использованием систем поддержки принятия решений (СППР, *DSS – Decision Support System*), построенных на основе теории полезности и принятия решений [1]. При этом в СППР все шире используются достижения бионики интеллекта, а состав их средств во многом определяется предметной областью и особенностями решаемых задач.

1. Анализ предметной области и постановка задачи

Для формализованного представления СППР традиционно используется математический аппарат теории множеств, теории категорий, теории графов и теории операторов.

Операторная модель СППР может быть представлена в виде [2]: $Au = z$, где $u \in R_u$, $z \in R_z$ – элементы некоторых метрических пространств; A – оператор модели, переводящий элементы ресурсов $u \in R_u$ в элементы результатов $z \in R_z$.

Архитектура СППР *ADSS* может быть представлена тремя составляющими: объектами O – функциональными и обеспечивающими подсистемами, внешними и внутренними возмущающими воздействиями; связями S , описывающими взаимодействия между объектами; поведением D – изменяющимися состояниями подсистем, зафиксированных в локальных хранилищах данных:

$$ADSS = \langle O, S, D \rangle.$$

Характерной особенностью территориально распределенных объектов (ТРО) является то, что с ростом их масштабов их стоимостные и функциональные характеристики становятся все более зависимыми от топологии (территориальной или пространственной организации). Это требует совместно с традиционными задачами их структурного синтеза решать комплексы задач топологической оптимизации и, таким образом, приводит к проблеме их структурно-функционально-параметрического и топологического синтеза [3].

Проблема является многогранной, включает комплексы задач выбора структуры, топологии, технологии функционирования, параметров элементов и связей, всесторонней многокритериальной оценки и выбора вариантов на различных этапах ее жизненного цикла. При этом проекты создания или реконструкции ТРО требуют привлечения значительных материальных, трудовых, финансовых ресурсов и занимают продолжительное время.

Целью создания ТРО является удовлетворение потребностей множества территориально рассредоточенных пользователей, а степень ее достижения оценивается множеством его важнейших свойств, характеризующих эффекты от его функционирования и затраты, связанные с его созданием и эксплуатацией. Упомянутые свойства при выборе решений используются в качестве частных критериев эффективности ТРО $K = \{k_i\}_{i=1}^n$, где n – количество частных критериев.

В основе современных подходов к выбору решений лежит парадигма максимизации полезности [4]. Считается, что лицо, принимающее решение (ЛПР), при выборе вариантов из множества допустимых $x \in X$ приписывает им некоторую полезность $P(x)$, значения которой и определяют его

выбор: $\forall x, y \in X: x \sim y \leftrightarrow P(x) = P(y); x \succ y \leftrightarrow P(x) > P(y); x \geq y \leftrightarrow P(x) \geq P(y)$. При этом одной из важнейших задач является определение количественной или порядковой метрики.

При выборе комплекса средств многокритериального оценивания и выбора проектных решений учитывают следующие особенности проблемы синтеза ТРО [5].

1. Тесная взаимосвязь и неполная информационная определенность задач $\{Task_l\}_{l=1}^t$ (где t – количество задач проблемы) выбора принципов построения ТРО, структурного, топологического, параметрического и технологического синтеза, а также анализа и выбора проектных решений по наборам исходных данных $InDat_l$ и ограничений Res_l , обуславливает итерационный характер методов и процедур их решения. Таким способом обеспечивается разрешимость комплекса задач $\{Task_l\}_{l=1}^t$ по входам.

2. Высокая сложность методов решения (решающих процедур), обусловленная комбинаторным характером большинства задач $\{Task_l\}_{l=1}^t$, и широкий диапазон условий их решения требуют при решении каждой из них использования множества методов $\{MetDec_l^k\}_{k=1}^{l_k}$ (где l_k – количество методов для решения l -й задачи), имеющих различную сложность и точность решения. Это обеспечивает разрешимость задач системного проектирования по ресурсам.

3. Для более полного использования опыта проектировщиков и учета трудно формализуемых факторов процесс решения целесообразно строить на основе интерактивных (человеко-машинных) процедур. Процесс поиска проектного решения при этом будет состоять из взаимодополняющих процедур автоматического и интеллектуального синтеза с участием системных аналитиков и операторов, применением CASE-средств и экспертных систем.

4. На всех этапах проектирования целесообразно использовать приемы, снижающие трудоемкость решения задач системного проектирования $\{Task_l\}_{l=1}^t$. С этой целью могут быть использованы различного рода эвристики, учитывающие специфику задач, решения, полученные с помощью “быстрых” процедур, формальные или экспертные оценки.

Особенности ТРО выдвигают противоречивые требования к средствам многокритериального оценивания и выбора проектных решений. Одна часть средств СППР должна работать в составе автоматических процедур проектирования (следовательно, быть достаточно «быстрыми»), другая часть, определяющая глобальные проектные решения, используется для принятия решений в условиях неопределенности и риска, наличия трудноформализуемых факторов (следовательно, требует привлечения аналитиков и экспертов).

В первом случае необходима количественная оценка проектных решений, что требует использования кардиналистических (количественных) методов теории полезности, во втором – достаточным является упорядочение решений, что может быть осуществлено и помощью ординалистических (порядковых) методов. В настоящее время для решения этой задачи используются три основных подхода: классической количественной многокритериальной теории полезности; аналитической иерархии; определения отношения превосходства по качеству [6].

Целью данной работы является анализ существующих средств многофакторного оценивания и выбора решений, а также их комплексирование в СППР для решения задач оптимизации крупномасштабных объектов.

2. Модели и методы классической количественной многокритериальной теории полезности

Этот подход развивается в рамках многокритериальной теории полезности *MAUT (Multi-Attribute Utility Theory)* [6]. В рамках этого подхода количественная оценка предпочтений вариантов выражается с помощью функций общей полезности (ФОП) $P(x)$, $x \in X$, которая строится на основе функций полезности частных критериев (ФПЧК) $\xi_i(k_i(x))$, $i = \overline{1, n}$ (где n – количество частных критериев) [4].

Современные модели многокритериального оценивания и выбора строятся на основе аддитивных, мультипликативных или смешанных ФОП [4, 7–9]:

$$P(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \xi_i(x); \quad (1)$$

$$P(x) = \prod_{i=1}^n [\xi_i(x)]^{\lambda_i}; \quad (2)$$

$$P(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \bar{k}_i(x) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n \lambda_{ij} \cdot \bar{k}_i(x) \cdot \bar{k}_j(x) + \dots; \quad (3)$$

$$P(x) = [\beta \cdot \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \bar{k}_i(x)] + \{(1 - \beta) \cdot \prod_{i=1}^n [\bar{k}_i(x)]^{\lambda_i}\}, \quad (4)$$

где $P(x)$ – полезность варианта x ; n – количество частных критериев; λ_i – коэффициент важности критерия k_i , выбираемый с учетом условий $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$, $\lambda_i \geq 0$; $i = \overline{1, n}$, $\xi_i(x) = \xi_i(k_i(x))$ – ФПЧК критерия k_i ; λ_{ij} – весовые коэффициенты произведения нормированных критериев $\bar{k}_i \cdot \bar{k}_j$, $i, j = \overline{1, n}$; β – адаптационный параметр, определяющий вид схемы, $0 \leq \beta \leq 1$. При $\beta = 1$ (4) реализует аддитивную схему (1), при $\beta = 0$ – мультипликативную схему вида (2).

Недостатком аддитивных моделей вида (1) считается то, что они не отражают объективно роль частных критериев и допускают практически неограниченную компенсацию одних свойств решения другими, а мультипликативных моделей вида

(2) – то, что они компенсируют недостаточную величину одного критерия избыточной величиной другого [8].

Комбинированные модели (3)–(4) являются развитием моделей (1)–(2) и объединяют их достоинства. Недостатком ФОР вида (3) считается ее сложность, а (4) – трудность определения значения адаптационного параметра β .

В рамках этого подхода определение метрики для ранжирования альтернатив в виде функции общей полезности (ФОР) $P(x)$ представляет, по сути, решение задачи идентификации. В общем случае в процессе идентификации требуется решение вопросов, связанных с выбором критериев подобия, входных сигналов, структуры и параметров модели, оценки ее точности и адекватности. Наибольший интерес как в теоретическом, так и в практическом плане представляют вопросы выбора структуры и параметров (весовых коэффициентов и параметров ФПЧК, адаптационных параметров) моделей оценивания $P(x)$. Традиционно такие задачи решаются методами экспертного оценивания (приписывания, ранжирования, парных сравнений, множественных сравнений), что требует больших затрат времени на проведение экспертизы.

Особенностью процессов идентификации моделей многофакторного оценивания и выбора решений является то, что в качестве выходных сигналов в таких задачах выступают оценки и решения человека, носящие приближенный или качественный характер. Это делает плодотворным использование для решения таких задач метода компараторной идентификации [4].

Суть общей задачи компараторной идентификации модели многофакторного оценивания состоит в следующем. ЛПР на основе оценок по множеству частных критериев $\{k_i(x)\}_{i=1}^n$ устанавливает качественную полезность на множестве альтернатив $x \in X$. Она может быть выражена множеством бинарных отношений эквивалентности $R(X) = \{(x, y) : x, y \in X, x \sim y\}$, нестрогого предпочтения $R_{NS}(X) = \{(x, y) : x, y \in X, x \geq y\}$, строгого предпочтения $R_S(X) = \{(x, y) : x, y \in X, x \succ y\}$ и представлена порядком одного из видов:

$$R^o(X) = x^o \succ x_i \succ x_j \succ \dots \succ x_m, \quad (5)$$

$$R^o(X) = x^o \succ x_i \sim x_j \succ \dots \succ x_m, \quad (6)$$

$$R^o(X) = x^o \geq x_i \geq x_j \geq \dots \geq x_m. \quad (7)$$

Требуется для установленного ЛПР порядка $R^o(X)$ (5), (6) или (7) выбрать вид модели многофакторного оценивания $P_g(x)$ из множества допустимых (1)–(4) и подобрать наилучшие значения ее параметров $q \in Q$.

В качестве критериев идентификации в зависимости от условий задачи используются: минимум суммарной (средней, максимальной, суммарной

квадратичной) абсолютной, относительной погрешности оценки общей полезности $P(x)$, максимум силы предпочтений, средней точки, максимизации функции правильности выбора или погрешности восстановления порядка альтернатив [9].

На основе метода компараторной идентификации к настоящему времени разработаны: для ФОР вида (1) математические модели и методы точечного оценивания параметров [10] и методы идентификации интервальных групповых предпочтений [11]; для ФОР вида (2) метод, позволяющий свести задачи параметрической идентификации к задачам линейного или нелинейного математического программирования [12]; для множества ФОР (1)–(4) методы решения общей задачи идентификации, включающей не только выбор вида модели, но и определение весовых коэффициентов, а также параметров функций полезности частных критериев [13].

3. Метод анализа иерархии

Метод анализа иерархии МАИ (*AHP – Analytic Hierarchy Process*) используется для решения слабо структурированных и неструктурированных проблем, т.е. в тех случаях, когда эксперты (или ЛПР) не могут дать абсолютные оценки альтернатив по критериям, а пользуются более слабыми сравнительными измерениями [14].

В общем случае в процессе реализации МАИ выделяют четыре основных этапа [6]:

1. Структуризация задачи в виде иерархической структуры с несколькими уровнями: цели – критерии – альтернативы.
2. Парные сравнения элементов каждого уровня.
3. Вычисление коэффициентов важности для элементов каждого уровня.
4. Расчет количественных оценок качества каждой из альтернатив и определение наилучшей среди них.

Суть МАИ применительно к решению задач многокритериального синтеза ТРО состоит в декомпозиции исходной проблемы с выделением цели их создания (удовлетворение потребностей множества территориально распределенных пользователей), частных критериев эффективности (оперативность реализации функций, надежность, живучесть, затраты на создание и эксплуатацию) и собственно вариантов построения (структура, параметры, топология, технология функционирования).

Далее производятся парные сравнения компонентов решаемой проблемы с использованием шкалы словесных определений уровня важности (равная важность, умеренное превосходство, сильное превосходство, значительное превосходство, очень большое превосходство) с количественной оценкой в баллах, например, от 1 до 9. Результаты записываются в виде матриц парных сравнений

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mm} \end{bmatrix}. \quad (8)$$

На главных диагоналях ($a_{11}, a_{22}, a_{33}, \dots, a_{mm}$) матриц (8) окажутся сравнительные характеристики по одному и тому же элементу, т.е. $a_{ii} = 1, \forall i = \overline{1, m}$. Такие матрицы имеют свойство обратной симметрии

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, \quad i, j = \overline{1, m}. \quad (9)$$

В результате выполнения $m \cdot (m - 1) / 2$ попарных сравнений элементов проблемы одного уровня иерархии на основе экспертных оценок формируется часть элементов матриц, расположенных, выше $A = [a_{ij}], i = \overline{1, m}, j = \overline{i, m}$ (или ниже $A = [a_{ij}], i = \overline{1, m}, j = \overline{1, i}$) главных диагоналей. Элементы, расположенные ниже $A = [a_{ij}], i = \overline{1, m}, j = \overline{1, i}$ (выше $A = [a_{ij}], i = \overline{1, m}, j = \overline{i, m}$) главных диагоналей, вычисляются с использованием свойства обратной симметрии (9).

Для полученных матриц парных сравнений (8) определяются их собственные векторы

$$\alpha_i = m \sqrt[m]{\sum_{j=1}^m a_{ij}}. \quad (10)$$

По полученным значениям собственных векторов $\alpha_i, i = \overline{1, m}$ (10) путем нормирования их координат определяют коэффициенты важности элементов соответствующего иерархического уровня $\beta_i = \alpha_i / \sum_{j=1}^m \alpha_j, i = \overline{1, m}$.

Для повышения достоверности оценок при заполнении каждой из матриц (путем сравнения со случайно заполненной матрицей) осуществляется проверка согласованности суждений ЛПР.

Оценка показателей важности вариантов построения ТРО осуществляется на основе аддитивного соотношения

$$P_j = \sum_{i=1}^n w_i v_{ji}, \quad (11)$$

где P_j – показатель качества j -го варианта построения ТРО; w_i – вес i -го частного критерия; v_{ji} – важность j -го варианта построения ТРО по i -му критерию.

К числу недостатков МАИ относят [6]: введение нового, недоминирующего варианта в общем случае может привести к изменению предпочтений между двумя ранее заданными вариантами; недостаточно обоснованный переход к числам при проведении измерений, а также оторванность метода объединения оценок от предпочтений ЛПР.

Дальнейшее развитие этот подход получил в виде методов мультипликативной аналитической иерархии и метода *МАСВЕТН*.

4. Методы качественного ранжирования многокритериальных альтернатив

В рамках этого подхода разработан ряд методов исключения и выбора, объединенных в семейство *ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la Realite)* [4, 6]. В отличие от методов *MAUT* и *AHP* в методах этого семейства оценка каждой альтернативы является не количественной, а относительной (по сравнению с другой). Методы *ELECTRE* направлены на решение задач с уже заданными многокритериальными альтернативами.

Связь между любой парой альтернатив $x, y \in X$ определяется последовательностью бинарных отношений $xR_1y, xR_2y, \dots, xR_ny$. Для каждой пары $x, y \in X$ можно установить предпочтительность, равноценность или несравнимость. Бинарное отношение превосходства задается уровнем индексов согласия и несогласия.

На основе выбранного бинарного отношения осуществляется попарное сравнение всех альтернатив $x, y \in X$. Варианты, которые оказались лучшими при всех сравнениях $x \succ y, x, y \in X$, выделяются в новое множество, называемое ядром. После выделения ядра его элементы объявляются несравнимыми. За первым бинарным отношением xR_1y следует второе xR_2y , далее – третье xR_3y и т.д. Каждое последующее отношение является более слабым. Ядра, соответствующие последующим отношениям, содержат в общем случае меньшее количество несравнимых элементов. Процесс получения ядер заканчивается, когда достигается требуемое количество элементов в ядре. Эти элементы вместе с последним бинарным отношением являются решением задачи.

Бинарные отношения между альтернативами $x, y \in X$ строятся следующим образом. Каждому из n критериев, имеющих числовые шкалы, ставится в соответствие число $p_i, i = \overline{1, n}$, характеризующее важность критерия $k_i, i = \overline{1, n}$. В частности, можно рассматривать p_i как «количество голосов» членов жюри, отдавших предпочтение критерию $k_i, i = \overline{1, n}$. Выдвигается гипотеза о превосходстве альтернативы x над y , т.е. $x \succ y$. Множество $K = \{k_i\}$, состоящее из n критериев, разбивается на три подмножества:

- $K^+(x, y)$ – подмножество критериев, по которым x предпочтительнее y , т.е. $x \succ y$;
- $K^=(x, y)$ – подмножество критериев, по которым x равноценно y , т.е. $x \sim y$;
- $K^-(x, y)$ – подмножество критериев, по которым y предпочтительнее x , т.е. $x \prec y$.

Далее формулируется индекс согласия с гипотезой о превосходстве x над y . В частности, этот индекс может быть определен как отношение суммы весов критериев подмножеств K^+ и $K^=$ к общей сумме весов всех критериев:

$$c_{xy} = \frac{\sum_{i \in (K^+ \cup K^-)} p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}. \quad (12)$$

Индекс несогласия d_{xy} с гипотезой о превосходстве x над y определяется на основе самого «противоречивого» критерия – критерия, по которому y в наибольшей степени превосходит x . Для учета наибольшей разницы длин шкал критериев разность оценок y и x относят к длине наибольшей шкалы

$$d_{xy} = \max_{i \in K^-} \{ |k_i(x) - k_i(y)| / L_i \}, \quad (13)$$

где $k_i(x)$, $k_i(y)$ – оценки альтернатив x и y по i -му критерию; L_i – длина шкалы i -го критерия.

Очевидно, что $0 \leq c_{xy} \leq 1$, $0 \leq d_{xy} \leq 1$.

Бинарное отношение превосходства задается уровнем индексов согласия и несогласия. Если $c_{xy} \geq c_1$ и $d_{xy} \leq d_1$ (где c_1 и d_1 – заданные уровни), то альтернатива x объявляется превосходящей альтернативу y . Если же при этих уровнях сравнить альтернативы не удалось, то они объявляются несравнимыми. Уровни c_1 и d_1 позволяют выделить ядро, в которое входят доминирующие и несравнимые элементы.

Выводы

На основе анализа особенностей ТРО как объектов проектирования и управления предложен состав средств системы поддержки многокритериального оценивания и выбора проектных и управленческих решений, включающей модели и методы классической количественной теории полезности, анализа иерархии и определения отношения превосходства по качеству. СППР с таким набором средств позволит определять наилучшие проектные (управленческие) решения как в автоматическом, так и в интерактивном режимах функционирования.

Предложенные средства реализованы программно, апробированы и показали свою работоспособность на контрольных примерах. Относительная сложность предложенной СППР компенсируется большей экономией средств, используемых на создание и эксплуатацию крупномасштабных объектов, за счет более тщательной экспертизы решений.

Список литературы: 1. Катуплев, А.Н. Математические методы в системах поддержки принятия решений [Текст] / А.Н. Катуплев, Н.А. Северцев. – М.: Высшая школа, 2005. – 311 с. 2. Авраменко, В.П. Система поддержки принятия решений по ликвидации нештатных ситуаций [Текст] / В.П. Авраменко // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. – 2009. – №2. – С. 107–111. 3. Петров, Э.Г. Территориально распределенные системы обслуживания [Текст] / Э.Г. Петров, В.П. Пискалова, В.В. Бескоровайный. – Киев: Техника, 1992. – 208 с. 4. Овезгельдыев, А.О. Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации [Текст] / А.О. Овезгельдыев,

Э.Г. Петров, К.Э. Петров. – К.: Наук. думка, 2002. – 164 с. 5. Бескоровайный, В.В. Формирование и выбор решений задачи системного проектирования территориально распределенных систем обработки информации [Текст] / В.В. Бескоровайный // Системы обработки информации. – 2002. – Вып. 6 (22). – С. 243 – 247. 6. Ларичев, О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных Странах [Текст] / О.И. Ларичев. – М.: Логос, 2000. – 296 с. 7. Брахман, Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернативы в технике [Текст] / Т.Р.Брахман. – М.: Радио и связь, 1984. – 287 с. 8. Анфилатов, В.С. Системный анализ в управлении [Текст] / В.С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 368 с. 9. Бескоровайный, В.В. Структурно-параметрична ідентифікація моделей багатofакторного оцінювання [Текст] / В.В.Бескоровайный, И.В.Трофименко // Системи озброєння і військова техніка. – 2006. – № 3 (7). – С. 56 – 59. 10. Петров, Э.Г. Методика оценки адекватности моделей точечной идентификации индивидуальных предпочтений ЛПР [Текст] / Э.Г. Петров, Н.С. Шило // Радиоэлектроника и информатика. – 2003. – №2. – С. 97–103. 11. Петров, Э.Г. Модель выбора многокритериального решения при интервальном задании весовых коэффициентов [Текст] / Э.Г.Петров, Л.В.Батий // Вестник Херсонского государственного технического университета. – 2002. – № 1 (14). – С. 28–31. 12. Бескоровайный, В.В. Параметрическая идентификация мультипликативных моделей для многофакторного выбора решений [Текст] / В.В.Бескоровайный, И.В.Трофименко // Збірник наукових праць Харківського університету повітряних сил. – Харків: ХУ ПС, 2005. – Вып. 5 (5). – С. 74 – 78. 13. Бескоровайный, В. В. Метод решения задачи компараторной идентификации моделей многофакторного оценивания [Текст] / В. В. Бескоровайный, Э. Г. Петров, И. В. Трофименко // Бионика интеллекта. – 2006. № 2 (65). – С. 3–7. 14. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст]: пер. с англ. / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

Поступила в редколлегию 24.05.2010.

УДК 519.688: 004.896

Комплексування засобів підтримки прийняття рішень при синтезі територіально розподілених об'єктів / В.В. Бескоровайний, О.В. Зикова // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2010. – № 3 (74). – С. 37–41.

Запропоновано склад засобів системи підтримки багатокритеріального оцінювання й вибору рішень при проектуванні й керуванні великомасштабними об'єктами. Система підтримки прийняття рішень включає математичні моделі й методи класичної кількісної теорії корисності, аналізу ієрархії й визначення відносини переваги за якістю *ELECTRE*.

Бібліогр.: 14 найм.

UDK 519.688: 004.896

Integration of decision-support tools in the synthesis of geographically distributed objects / V.V.Beskorovainyj, O.V.Zykova // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2010. – № 3 (74). – P. 37–41.

The composition of the decision support system for multi-criteria estimation and choice of solutions used for designing and managing large-scale objects is proposed. The decision support system includes mathematical models and methods of classical multi-attribute utility theory, hierarchy analysis and definitions of relationship superiority by quality *ELECTRE*.

Ref.: 14 items.