

Волков А.И.

УДК 504

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Аннотация. Системы поддержки принятия решений, в настоящее время, получили широкое распространение в различных сферах деятельности, в том числе в области рационального природопользования. В рамках данного исследования разработана система поддержки принятия решений, функционал которой обеспечивает анализ территорий на предмет выделения оптимального вида осуществляемой в ее пределах хозяйственной деятельности. Также предложен алгоритм комплексной бальной оценки территорий.

Ключевые слова: системы поддержки принятия решений, ГИС-технологии, рекреационные ресурсы.

Анотація. Системи підтримки прийняття рішень, в теперішній час, набули широке поширення у різних сферах діяльності, зокрема у сфері раціонального природокористування. У наведеному дослідженні розроблена система підтримки прийняття рішень, функціонал якої забезпечує аналіз територій на предмет виділення оптимального виду господарської діяльності, що повинна здійснюватися у її границях. Також запропонований алгоритм комплексної бальної оцінки територій.

Ключові слова: системи підтримки прийняття рішень, ГІС-технології, рекреаційні ресурси.

Summary. Decision support systems (DSS) is a computer-based information system that supports organizational decision-making activities. Nowadays, concept of DSS is widespread in different research fields also in environmental management sector. Advantage of any DSS is a flexible interface which provides convenient tools for processing, analysis and visualization of information. An important feature of environmental DSS is ability to differentiate and rank areas for strategic planning and future development of the region.

The main goal of the environmental DSS is identification of optimal treatment for area in question. Since all indexes and figures which describe environmental conditions have different scale and measure units it was designed comprehensive approach for point scoring system.

Approbation of designed environmental DSS was accomplished for areas surrounded liman Tiligulskiy (Odessa region, Ukraine). The research concerns assessment of liman Tiligulskiy recreational potential and possibilities of using it for recreation. Liman Tiligulskiy was chosen as soon as it is situated far from big cities and it's recourses are relatively unexploited. The environmental assessment of liman's area is based on beaches quality, climatic conditions, mud mineral resources, abrasion and landslides characteristics and technogenic load levels. The research results show three options of liman's land use: (a₁) restriction of any economic activities; (a₂) expanding recreational sector; (a₃) use of areas for agricultural purposes. The research results can be used as a basis for the further development of tourism sector and management of recreational sources of the area in question.

Key words: environmental decision support systems, GIS technologies, recreational resources.

Постановка проблемы и её связь с важными практическими задачами. Создание систем поддержки принятия решений (СППР) является широко используемым подходом, цель которого состоит в помощи экспертам, принимающим решения в сложных условиях для полного и объективного анализа различных видов деятельности. Концепция СППР возникла в начале 1960-х и была использована [1] при решении проблем, связанных с обработкой неструктурированных данных. Сильной стороной СППР является гибкая схема взаимодействия с пользователем, позволяющая максимально удобно осуществлять обработку, анализ информации и наглядно визуализировать полученные результаты. Одним из прикладных аспектов применения СППР является использование данной технологии в вопросах, связанных с оценкой и определением приоритетных направлений использования различных компонентов окружающей природной среды (ОПС). Поскольку экологическая обстановка зависит от значительного количества факторов, очевидно, решение большинства практических задач связано с необходимостью упрощения реальных объектов и связей между ними, и формирования некоторых модельных ситуаций. В общем, схематически принцип обработки и передачи информации с СППР может быть представлен следующим образом рис. 1 [1].

Важным элементом СППР экологического характера, является возможность комплексного дифференциация территорий, потребность в котором возникает при стратегическом планировании развития рассматриваемого региона.



Рис. 1. Общий принцип обработки и передачи информации в системах поддержки принятия решений

Следует отметить, что поиск оптимального решения является весьма нетривиальной задачей, поскольку анализируемые показатели, характеризующие рассматриваемые пространственные объекты, крайне неоднородны. Таким образом, ранжирование территорий индивидуально по каждому показателю дает множество непохожих друг на друга картин. Расчет единой интегральной характеристики осложняется разным физическим смыслом, размерностью, порядком и весовым коэффициентом рассматриваемых показателей. Это свидетельствует о необходимости разработки комплексных методик бальной оценки, позволяющих абстрагироваться от неоднородности анализируемых величин.

Перечисленные выше причины предполагают разработку систем принятия решений, в основу которых положены механизмы, позволяющие оперировать объектами, представленными многомерными векторными величинами. Определение систем поддержки принятия решений может быть сформулировано следующим образом: СППР (англ. Decision Support System, DSS) - компьютерная автоматизированная система, целью которой является помощь людям, принимающим решение в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности. СППР возникли в результате слияния управленческих информационных систем и систем управления базами данных.

В данной работе разработана СППР, в основу которой положена авторская методика комплексной бальной оценки территорий.

Анализ последних исследований и публикаций. Современные исследования показывают, что СППР должны быть основаны на технологии интегрированных хранилищ данных и углубленной аналитической обработке накопленной информации [2, 3]. Матричное представление данных позволяет обращаться с данными как с многомерным массивом, благодаря чему обеспечиваются одинаково быстрые вычисления суммарных показателей и различные многомерные преобразования по любому из измерений. [4, 5] Данный подход, в силу необходимости учета большого количества факторов, получил широкое распространение при решении задач эколого-экономического характера [6], что характеризует СППР как удобный инструмент, упрощающий стратегическое планирование развития территорий, в том числе, с учетом экологических факторов [7].

Цель данной работы. Целью данной работы являлась разработка СППР, позволяющей на основании методики комплексной бальной оценки, производить дифференцирование территорий и выявление наиболее оптимальных путей их использования.

Материалы и методы исследований. Существует значительное количество алгоритмов, положенных в основу теории принятия решений [8-10], однако решение конкретных прикладных задач предполагает разработку методики, учитывающей частные особенности анализируемой информации. Так при решении задач экологического характера, в преобладающем большинстве случаев, необходим подход, позволяющий работать с набором величин, имеющих различные единицы измерения и разный порядок.

Краткое описание использованной методики и соответствующей СППР представлено ниже.

Принцип функционирования предлагаемой СППР может быть сформулирован следующим образом: на основании показателей (характеризующих каждый из объектов-элементов рассматриваемой территории), формирующих матрицу X (1), произвести выбор оптимального пути использования каждого из объектов, т.е. каждой из строк матрицы (1) сопоставить определенную координату вектора A (2). Таким образом, выявить на рассматриваемой территории однородные зоны, и определить оптимальные пути обращения с этими территориями.

На первом этапе должна быть сформирована матрица X , содержащая информацию относительно полного набора характеристик, описывающих рассматриваемые объекты и вектор A , характеризующий совокупность *альтернативных путей использования*, применимых к каждому из объектов.

$$\begin{array}{c}
 x_1 \quad x_2 \quad \dots \quad x_j \quad \dots \quad x_n \quad (1) \\
 \begin{array}{c}
 X_1 \\
 X_2 \\
 \dots \\
 X_i \\
 \dots \\
 X_m
 \end{array}
 \left(\begin{array}{cccccc}
 x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1n} \\
 x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} & \dots & x_{2n} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn}
 \end{array} \right), \\
 A(a_1 \quad a_2 \quad \dots \quad a_l \quad \dots \quad a_p). \quad (2)
 \end{array}$$

Где X_i - вектор, соответствующий каждому из рассматриваемых объектов;

x_j - j -й показатель, характеризующий каждый из рассматриваемых объектов;

a_l - l -я альтернатива, обращения с рассматриваемыми объектами.

В результате решения поставленной задачи, с каждым из рассматриваемых объектов следует соотнести *оптимальное использование*.

Поскольку, как было указано выше, все показатели x_{ij} имеют разную размерность и порядок, целесообразно перейти к их бальной оценке. Для этого предлагается обозначить максимальное ω количество возможных баллов: единое для всех показателей. Далее привести все значения к бальным оценкам:

Таким образом, в результате получаем матрицу бальных оценок рассматриваемых показателей:

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{mj})}{c_j},$$

$$c_j = \frac{\max_i(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{mj}) - \min_i(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{mj})}{\omega} \quad (3),$$

где

$$\begin{matrix} \tilde{X}_1 \\ \tilde{X}_2 \\ \dots \\ \tilde{X}_i \\ \dots \\ \tilde{X}_m \end{matrix} \begin{pmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1j} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2j} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{x}_{i1} & \tilde{x}_{i2} & \dots & \tilde{x}_{ij} & \dots & \tilde{x}_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{m3} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{pmatrix} \quad (4)$$

Основным принципом, на котором базируется СППР, является четкий выбор решения из множества имеющихся альтернатив A . Задание пространства альтернатив, связанных с использованием рассматриваемых объектов, можно наглядно объяснить на примере 2-х мерной модели (рис. 2). Для каждой из рассматриваемых характеристик существует диапазон оптимальных значений, таким образом, в пространстве формируются зоны, которым соответствует оптимальные комбинации рассматриваемых показателей.

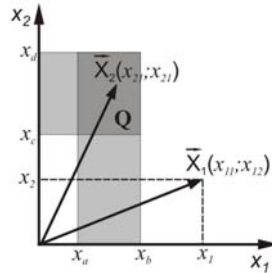


Рис. 2. Двухмерное представление множества Q оптимальных решений

Предположим, что оптимальными значениями для величины параметра x_1 является диапазон (x_a, x_b) который удобно обозначить через opt_1 , а для величины параметра x_2 диапазон (x_c, x_d) обозначенный opt_2 , тогда оптимальными являются все векторы, попадающие в множество Q , в соответствии с приведенным примером, таковым является вектор X_2 .

Следует также добавить учет неравнозначности рассматриваемых показателей, что может быть достигнуто введением соответствующих весовых коэффициентов w_j удовлетворяющих условию:

$$w = \sum_{j=1}^n w_j, \quad -1 < w < 1 \quad (5)$$

Таким образом, учитывая диапазоны оптимальных значений и весовые коэффициенты получим:

$$\tilde{x}_{ij}^w = \begin{cases} \tilde{x}_{ij} w_j & \text{для } \tilde{x}_{ij} \in opt_j \\ 0 & \text{для } \tilde{x}_{ij} \notin opt_j \end{cases} \quad (6)$$

Далее, можно перейти к матрице скорректированных (с учетом весовых коэффициентов) значений бальных оценок

$$\begin{matrix} \tilde{X}_1^w \\ \tilde{X}_2^w \\ \dots \\ \tilde{X}_i^w \\ \dots \\ \tilde{X}_m^w \end{matrix} \begin{pmatrix} \tilde{x}_{11}^w & \tilde{x}_{12}^w & \dots & \tilde{x}_{1j}^w & \dots & \tilde{x}_{1n}^w \\ \tilde{x}_{21}^w & \tilde{x}_{22}^w & \dots & \tilde{x}_{2j}^w & \dots & \tilde{x}_{2n}^w \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{x}_{i1}^w & \tilde{x}_{i2}^w & \dots & \tilde{x}_{ij}^w & \dots & \tilde{x}_{in}^w \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{x}_{m1}^w & \tilde{x}_{m2}^w & \dots & \tilde{x}_{m3}^w & \dots & \tilde{x}_{mn}^w \end{pmatrix} \quad (7)$$

Набор весовых значений может отличаться для каждого из альтернативных путей использования, что позволяет рассчитать p матриц (7). Для всех строк \tilde{X}_i^w матрицы (7) следует рассчитать суммарные значения, сравнение которых позволит выбрать оптимальную схему использования.

для l -й матрицы $S_{il} = \left(\sum_{j=1}^n \tilde{x}_{ij}^w \right)_i$

$$\begin{matrix}
 a_1 & & a_2 & & & & a_i & & & & a_p \\
 \begin{pmatrix} S_{11} \\ S_{21} \\ \dots \\ S_{i1} \\ \dots \\ S_{m1} \end{pmatrix} & & \begin{pmatrix} S_{12} \\ S_{22} \\ \dots \\ S_{i2} \\ \dots \\ S_{m2} \end{pmatrix} & & \dots & & \begin{pmatrix} S_{1i} \\ S_{2i} \\ \dots \\ S_{ii} \\ \dots \\ S_{mi} \end{pmatrix} & & \dots & & \begin{pmatrix} S_{1p} \\ S_{2p} \\ \dots \\ S_{ip} \\ \dots \\ S_{mp} \end{pmatrix}
 \end{matrix} \quad (8)$$

Далее, на основании построчного сравнения значений, создается вектор решений, R выделяющий для каждого вектора X_i соответствующую альтернативу r_i

$$r_i = k \text{ аңгә } \max_i (S_{i1} \ S_{i2} \ \dots \ S_{ii} \ \dots \ S_{ip}) = S_{ik} \quad (9)$$

Таким образом, в результате получаем

$$R \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_i \\ \dots \\ X_m \end{matrix} \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \dots \\ r_i \\ \dots \\ r_m \end{pmatrix}, \text{ где } r_i = \overline{1, p} \quad (10)$$

Полученный вектор *оптимальных решений* позволит соотнести с каждым объектом, наиболее *оптимальный путь использования*:

$$A \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_i \\ \dots \\ X_m \end{matrix} \begin{pmatrix} a_{r_1} \\ a_{r_2} \\ \dots \\ a_{r_i} \\ \dots \\ a_{r_m} \end{pmatrix}, \text{ где } r_i = \overline{1, p} \quad (11)$$

Программная реализация данного алгоритма была выполнена с использованием языка программирования C++, интерфейс программы представлен на рис. 3.

Изложение основного материала исследования. Апробация данной методики была выполнена на примере территорий, прилегающей к Тилигульскому лиману, на предмет поиска оптимального пути их использования в рекреационных целях. Тилигульский лиман расположен на границе Одесской и Николаевской областей в довольно густонаселенной и освоенной зоне Причерноморья. Тем не менее, удаление от крупных населенных центров, обуславливает относительно низкий уровень техногенного воздействия на состояние природных систем, что свидетельствует о возможности развития рекреационного сектора. Целесообразность анализа территориального распределения рекреационных ресурсов Тилигульского лимана обуславливается, тем, что он относится к числу наименее освоенных причерноморских лиманов.

Матрица исходных данных была сформирована следующим образом: каждому элементу (ячейке раstra) рассматриваемой территории соответствовал вектор X_i , координатами которого являлись показатели, характеризующие ценность территории, с точки зрения развития рекреационной деятельности (табл. 1)

Рис. 3. Интерфейс программной реализации СППР основанной на комплексной методике бальной оценки территорий

Таблица 1. Показатели, характеризующие ценность территории, с точки зрения дальнейшего развития рекреационной деятельности

X_i	Описание показателя
x_{i1}	Качество пляжей
x_{i2}	Минерально-грязевых ресурсы
x_{i3}	Климатические условия
x_{i4}	Наличие абразионно-оползневых процессов
x_{i5}	Уровень техногенной нагрузки на территорию

Поскольку рассматриваемые территории характеризуются высокой рекреационной ценностью, вектор альтернатив был сформирован как представлено в таблице 2.

Обработка имеющейся информации позволило рассчитать вектор оптимальных решений (11) и построить карту дифференциации территории, в соответствии с целесообразностью ее использования (рис. 4).

Таблица 2. Описание вектора альтернатив обращения с территориями

A	Описание рекомендаций по использованию территорий
a_1	обеспечение охраны природных комплексов и отдельных видов флоры и фауны без осуществления каких-либо видов хозяйственной деятельности
a_2	расширения рекреационного сектора
a_3	использование территорий в общехозяйственных целях с соблюдением общих требований относительно охраны окружающей среды

Выводы. Предложенная в рамках данного исследования система поддержки принятия решений, основанная на комплексной методике бальной оценки территорий, позволяет оперативно произвести поиск наилучшей из возможных альтернатив, посредством анализа совокупности неоднородных показателей.

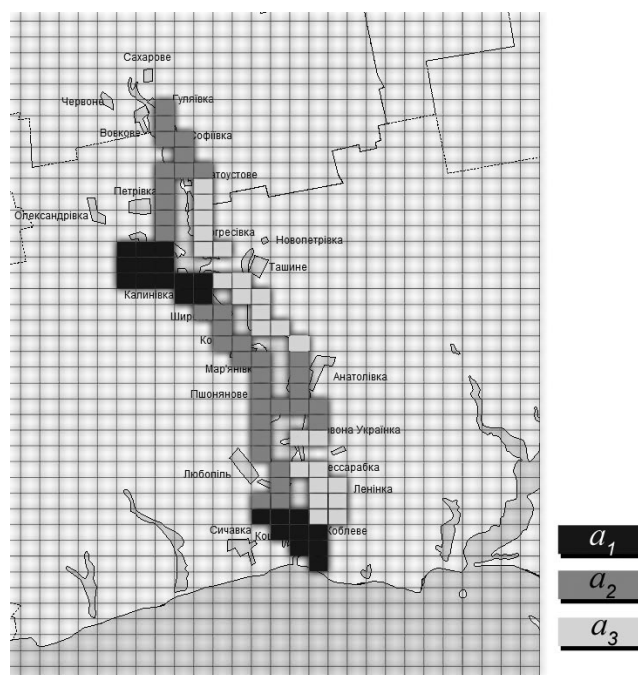


Рис. 4. Дифференциации территории, в соответствии с целесообразностью использования в рекреационных целях

Приведенная апробация методики на примере территорий прилегающих к Тилигульскому лиману позволила выделить наиболее приоритетные зоны для дальнейшего развития туристического сектора, что может быть использовано в качестве основания для дальнейшего планирования развития туристического сектора и рационального использования рекреационных ресурсов рассматриваемых территорий.

Источники и литература:

1. Gorry, G. A. and Scott Morton, M. S. A, Framework for management information systems, Sloan Management Review, 13(1), 1971 – 312 p.
2. Marek J. D., Roger R. F. Decision Support Systems / Decision Systems Laboratory School of Information Sciences and Intelligent Systems Program University of Pittsburgh Pittsburgh, PA 15260 – 2002 – 15 p.
3. Блюмин С. Л., Шуйкова И. А. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности – Липецк: ЛЭГИ, 2001. – 138 с.
4. Пахомов П. И., Немтинов В. А. Технология поддержки принятия решений по управлению инженерными коммуникациями / П. И. Пахомов, В. А. Немтинов. – М.: Машиностроение, 2009. – 124 с.
5. Попов А. Л. Б40 Системы поддержки принятия решений: Учебно-метод. пособие / Попов А. Л. – Екатеринбург: Урал. гос. ун-т, 2008. – 80 с.
6. Dreizis Y. I., Grigoryan I. V., Vladimir V. K. Design of Multidimensional Database (MBD) for DSS in Problems of Environmental Management / European Researcher, 2012, Vol.(20), № 5-1 – P. 590-593.
7. Захарова А. А. Система поддержки принятия решений о стратегии инновационного развития региона: монография / Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 144 с.
8. Бодров В. И., Лазарева Т. Я., Мартемьянов Ю. Ф. Математические методы принятия решений. / Учеб. пособие. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2004. - 124 с.
9. Лихачева Г. Н., Гаспариан М.С. Информационные технологии/ / Учебно-практическое пособие. – М.: Изд. центр ЕАОИ. – 2007. – 189 с.
10. Кучуганов В. Н. Концептуальное проектирование информационных систем. / Учебное пособие. – Ижевск: Издательство ИжГТУ, 2009 г. – 130 с.