



БАЗЫ ЗНАНИЙ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ, СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Голосовский М. С.

МЕТОДИКА ВЫБОРА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ

Аннотация: Предметом исследований является решение прикладной задачи выбора геоинформационной системы, оптимальной по своим характеристикам для применения в интересах исследования морских акваторий и прибрежных зон. Альтернативами являются программные продукты, представленные на рынке геоинформационных систем. Показателями качества являются частные оценки качества реализации базовых функций: построение изолиний рельефа; расчёт площади затопления; построение трёхмерных моделей; создание пользовательских слоёв; создание пользовательских объектов. Решение задачи основано на модифицированном нечётком методе анализа иерархий. Методы исследования: квалиметрия сложных систем, анализ иерархически организованных структур, нечёткая логика, геоинформатика, матричное исчисление, вычислительная математика. Основные выводы проведенного исследования состоят в том, что применение модифицированного нечёткого метода анализа иерархий позволило найти решение задачи выбора альтернативного варианта, удовлетворяющего системе иерархически организованного критерия качества с заданными функциями взаимных предпочтений критериев и альтернативных вариантов, полученными на основе агрегирования мнений экспертов предметной области.

Ключевые слова: мониторинг акваторий, геоинформатика, групповой выбор альтернатив, лингвистическая функция предпочтений, нечеткая иерархия, иерархические свертки, анализ иерархий, геоинформационная система, предпочтение альтернатив, предпочтение критериев

Review: The aim of the research is to solve the problem of choosing the application of geographic information system, optimal in performance for use in the interest of the study of maritime and coastal zones. Some software products presented on the market of geographic information systems can be used as alternatives. The assessment quality indicators are individual ratings of basic features implementation: building contour relief; calculation of the flooded area; construction of three-dimensional models; create custom layers; the creation of custom objects. The presented

solution is based on a modified fuzzy analytic hierarchy process method. Methods use in the research: qualimetry complex systems, analysis of hierarchically organized structures, fuzzy logic, geoinformatics, matrix calculus, computational mathematics. The main conclusions of the study is that the use of a modified fuzzy hierarchy analysis method allowed to find a solution to the problem of choosing an alternative embodiment, a hierarchically organized system meets the quality criterion with given functions of mutual preferences of criteria and alternatives, obtained on the basis of expert opinion aggregation domain.

Keywords: preference among criteria, geographic information system, analytic hierarchy process, hierarchical convolution, fuzzy hierarchy, linguistic preference function, group selection of alternatives, preference for alternatives, geoinformatics, monitoring of water areas

Развитием информационных технологий обуславливает появление на рынке большого числа геоинформационных систем (ГИС) различного назначения. В связи с чем встаёт проблема выбора подходящей для исследования морских акваторий и прибрежных зон. Специфика предметной области требует наличия специальных функций, таких как [1-5]:

- построение изолиний рельефа;
- расчёт площади затопления;
- построение трёхмерных моделей;
- создание пользовательских слоёв;
- создание пользовательских объектов.

Для сравнения геоинформационных систем посредством оценки наличия указанных функций и оценки их удобства предлагается использовать нечёткий метод анализа иерархий. Выбор метода обуславливается тем, что понятие удобства и полноты реализации функции достаточно субъективная величина, в связи с чем, для учёта «размытости» высказываний обосновано использование лингвистических переменных [6-11]. При построении иерархии в качестве альтернатив использовали следующие программные продукты, представленные на рынке: ГИС Панорама; ГИС CityCom; ГИС Zulu; ГИС MapInfo; ГИС ArcGIS; MapServer. Полученная иерархия представлена на рисунке 1.

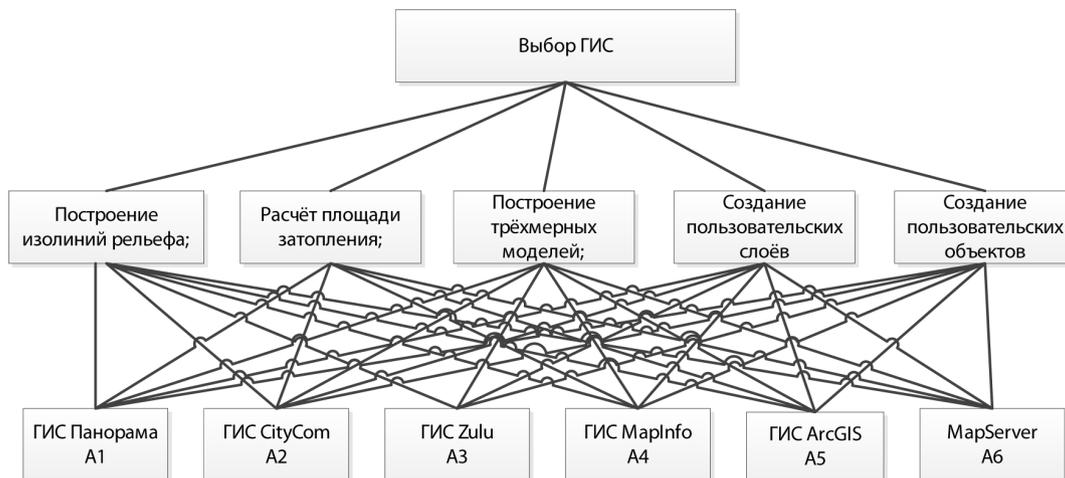


Рисунок 1 – Иерархия выбора ГИС

Методика выбора лучшей ГИС состоит из нескольких шагов. На первом шаге формируется матрица парных сравнений для критериев в лингвистических переменных (лингвистические переменные представляются в треугольной форме в виде троек чисел l – минимальное, m – среднее, u – максимальное значение функции принадлежности нечёткой лингвистической переменной. На втором шаге формируется матрица парных сравнений для альтернатив. При этом матрицы нечётких парных сравнений заполняются по следующим правилам [12]:

$$a_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}), \forall i \neq j ,$$

$$a_{ij} = \left(\frac{1}{u_{ij}}, \frac{1}{m_{ij}}, \frac{1}{l_{ij}} \right), \forall i \neq j ,$$

$$a_{ij} = (1, 1, 1), \forall i = j .$$

На третьем шаге проводим расчёт нечёткого вектора приоритетов

$$S_i = (S_{li}, S_{mi}, S_{ui}) .$$

Вычисление средних значений треугольного представления нечётких чисел для векторов приоритетов S_{mi} осуществляются по формуле [12-22]:

$$S_{mi} = \sum_{j=1}^n m_{ij} * \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij} \right]^{-1}$$

Вычисление значений нижних границ треугольного представления нечётких чисел для векторов приоритетов S_{li} осуществляется как

$$S_{li} = \sum_{j=1}^n b_{ij} * \left[\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n b_{kj} \right]^{-1}$$

При этом учитывают ограничения [12]:

$$b_{jj} = 1 ,$$

$$b_{jk} = \frac{1}{b_{kj}} ,$$

$$b_{ij} = l_{ij}, \forall i \neq j ,$$

$$b_{kj} = \left\{ x \mid y = \max \left(x + \frac{1}{x} \right) \forall x \in [l_{kj}, u_{kj}] \right\}, \forall k \neq j; j \neq i; j > k .$$

Последовательность шагов для расчёта S_{li} включает этапы.

Сформировать i – матриц, где i количество альтернатив (все заполнения выполняются на основе исходной нечёткой матрицы).

Заполнить диагонали значением 1.

Для i -й альтернативы (i -я строка в каждой из матриц) – все значения строк заполняются l -значениями. Значения симметричные диагонали заполняются обратными значениями.

Заполнить оставшиеся ячейки следуя правилу

$$(l_{ki}+) \langle \rangle (u_{ki}+) ,$$

выбирая значение l или u , дающее наибольшее значение указанной суммы.

Вычислить значения S_l (в формуле учитываем, что i -номер матрицы и номер строки для b_{ij} , k – номер строки, в каждой матрице, j – номер столбца);

Вычисление значений верхних границ треугольного представления нечётких чисел для векторов приоритетов проводятся как

$$S_{ui} = \sum_{j=1}^n c_{ij} * \left[\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n c_{kj} \right]^{-1}$$

Ограничения, накладываемые при расчёте, представлены формулами:

$$c_{jj} = 1 ,$$

$$c_{jk} = \frac{1}{c_{kj}} ,$$

$$c_{ij} = u_{ij}, \forall j \neq i ,$$

$$c_{kj} = \left\{ x \mid y = \min \left(x + \frac{1}{x} \right) \forall x \in [l_{kj}, u_{kj}] \right\}, \forall k \neq j; j \neq i; j > k .$$

По аналогии с S_{li} производится расчёт S_{ui} :

Следующим шагом производим умножение нечётких значений вектора приоритетов на чёткие значения весов из начальной иерархии, после чего приводим все вектора к единому вектору (производим свёртку) по всем критериям, собирая среднеарифметическое по всем критериям

$$Sm_i = \left(\sum_{j=1}^M \frac{\llbracket Smj \rrbracket}{M} \right)$$

$$Sl_i = \left(\sum_{j=1}^M \frac{\llbracket Slj \rrbracket}{M} \right) , Su_i = \frac{\sum_{j=1}^M Sui}{M} ,$$

где $i=1..n$ – количество альтернатив, $j=1, M$ – количество альтернатив.

Заключительным этапом производится приведение вектора от нечёткого треугольного числа, к чёткому значению по формуле:

$$u(a) = -1 + \frac{(1+u-l)}{(u-l)} \ln(1+u-l) .$$

Для представленной на рис. 1 иерархии в результате проведения расчёта с использованием экспертных оценок для использования выбрана ГИС Панорама.

Библиография :

1. Викторов С.В., Кильдюшевский Е.И., Кирсанов А.А., Перцов А.В. К вопросу о кадастре морских берегов // Отечественная геология, 1999. № 6. С. 77-78.
2. Краев Д.А. Экологический мониторинг и использование web-гис технологий // Онов. 2012. №2-114. С.196-199.
3. Жариков В.В., Преображенский Б.В. Макет прибрежно-морского кадастра [Электронный ресурс] URL: http://pacificinfo.ru/data/cdrom/kis/html/2_6_10.html
4. Виноградов А.Н., Макаренков С.А., Чиров Д.С. Применение методов data mining для формирования базы знаний экспертной системы классификации радиосигналов // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2010. Т. 4. № 11. С. 61-64.
5. Сизо А.В. Применение ГИС для интегральной оценки качества поверхностных вод [Электронный ресурс] URL: http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/konf/3vze/zb_m/t1/tom_1_s02_p_128_130.pdf.
6. Богомолов А.В. Концепция математического обеспечения диагностики состояния человека // Информатика и системы управления. 2008. № 2 (16). С. 11-13.
7. Козлов В.Е., Богомолов А.В., Рудаков С.В., Оленченко В.Т. Математическое обеспечение обработки рейтинговой информации в задачах экспертного оценивания // Мир измерений. 2012. № 9. С. 42-49.
8. Молчанов В.О., Голосовский М.С. Анализ методов проведения групповой экспертизы при оценке эффективности реализации мероприятий государственно-частного партнерства // Горизонты экономики. 2012. № 3. С. 53-55.
9. Чиров Д.С. Методический подход к обоснованию технических характеристик комплексов радиомониторинга для решения задач распознавания источников радиоизлучения // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2011. Т. 5. № 11. С. 85-87.
10. Богомолов А.В., Зуева Т.В., Чикова С.С., Голосовский М.С. Экспертно-аналитическое обоснование приоритетных направлений совершенствования системы предупреждения биологических террористических актов // Информатика и системы управления. 2009. № 4. С. 134-136.
11. Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В., Ушаков И.Б. Математическое обеспечение оценивания состояния материальных систем // Информационные технологии. 2004. № 7 (приложение). 32 с.
12. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети / Пер. с англ. О.Н.Андрейчиковой; под ред. А.В.Андрейчикова. М.: URSS, 2010. 357 с.

13. Фёдоров М.В., Калинин К.М., Богомолов А.В., Стецюк А.Н. Математическая модель автоматизированного контроля выполнения мероприятий в органах военного управления // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2011. Т. 9. № 5. С. 46-54.
14. Есев А.А., Мережко А.Н., Ткачук А.В. Технология квалиметрии технического уровня сложных систем // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2014. № 7 (121). С. 28-34.
15. Голосовский М.С. Модель жизненного цикла разработки программного обеспечения в рамках научно-исследовательских работ // Автоматизация. Современные технологии. 2014. № 1. С. 43-46.
16. Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Автоматизация персонифицированного мониторинга условий труда // Автоматизация. Современные технологии. 2015. № 3. С. 6-8.
17. Есев А.А., Солдатов А.С., Пушкарский Е.Ю. Метод квалиметрии сложных технических систем при проведении их испытаний // Научно-методический электронный журнал "Концепт". 2013. Т. 4. С. 1191-1195.
18. Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В., Ушаков И.Б. Математическое обеспечение оценивания состояния материальных систем // Информационные технологии. 2004. № 7 (приложение). 32 с.
19. Богомолов А.В., Драган С.П. Автоматизированный мониторинг и технологии обеспечения акустической безопасности персонала // Автоматизация. Современные технологии. 2015. № 4. С. 25-29.
20. Коробов Н.В., Котов Н.М., Лебедев Г.С., Лошаков Л.А., Яворский А.Н. Построение информационной системы оценки медицинских технологий // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2013. Т. 11. № 10. С. 51-55.
21. Коломиец Л.В., Федоров М.В., Богомолов А.В., Мережко А.Н., Солдатов А.С., Есев А.А. Метод поддержки принятия решений по управлению ресурсами при испытаниях авиационной техники // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2010. Т. 8. № 5. С. 38-40.
22. Фёдоров М.В., Калинин К.М., Богомолов А.В., Стецюк А.Н. Математическая модель автоматизированного контроля выполнения мероприятий в органах военного управления // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2011. Т. 9. № 5. С. 46-54.

References:

1. Viktorov S.V., Kil'dyushevskii E.I., Kirsanov A.A., Pertsov A.V. K voprosu o kadastre morskikh beregov // Otechestvennaya geologiya, 1999. № 6. S. 77-78.
2. Kraev D.A. Ekologicheskii monitoring i ispol'zovanie web-gis tekhnologii // Onv . 2012. №2-114. S.196-199.
3. Zharikov V.V., Preobrazhenskii B.V. Maket pribrezhno-morskogo kadastra [Elektronnyi resurs] URL: http://pacificinfo.ru/data/cdrom/kis/html/2_6_10.html
4. Vinogradov A.N., Makarenkov S.A., Chirov D.S. Primenenie metodov data mining dlya formirovaniya bazy znanii ekspertnoi sistemy klassifikatsii radiosignalov // T-Comm: Telekommunikatsii i transport. 2010. Т. 4. № 11. S. 61-64.
5. Sizo A.V. Primenenie GIS dlya integral'noi otsenki kachestva poverkhnostnykh vod [Elektronnyi resurs] URL: http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/konf/3vze/zb_m/t1/tom_1_s02_p_128_130.pdf.
6. Bogomolov A.V. Kontseptsiya matematicheskogo obespecheniya diagnostiki sostoyaniya cheloveka // Informatika i sistemy upravleniya. 2008. № 2 (16). S. 11-13.

7. Kozlov V.E., Bogomolov A.V., Rudakov S.V., Olenchenko V.T. Matematicheskoe obespechenie obrabotki reitingovoi informatsii v zadachakh ekspertnogo otsenivaniya // Mir izmerenii. 2012. № 9. S. 42-49.
8. Molchanov V.O., Golosovskii M.S. Analiz metodov provedeniya gruppovoi ekspertizy pri otsenke effektivnosti realizatsii meropriyatii gosudarstvenno-chastnogo partnerstva // Gorizonty ekonomiki. 2012. № 3. S. 53-55.
9. Chirov D.S. Metodicheskii podkhod k obosnovaniyu tekhnicheskikh kharakteristik kompleksov radiomonitoringa dlya resheniya zadach raspoznavaniya istochnikov radioizlucheniya // T-Comm: Telekommunikatsii i transport. 2011. T. 5. № 11. S. 85-87.
10. Bogomolov A.V., Zueva T.V., Chikova S.S., Golosovskii M.S. Ekspertno-analiticheskoe obosnovanie prioritnykh napravlenii sovershenstvovaniya sistemy preduprezhdeniya biologicheskikh terroristicheskikh aktov // Informatika i sistemy upravleniya. 2009. № 4. S. 134-136.
11. Kukushkin Yu.A., Bogomolov A.V., Ushakov I.B. Matematicheskoe obespechenie otsenivaniya sostoyaniya material'nykh sistem // Informatsionnye tekhnologii. 2004. № 7 (prilozhenie). 32 s.
12. Saati T.L. Prinyatie reshenii pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh: analiticheskie seti / Per. s angl. O.N.Andreichikovo; pod red. A.V.Andreichikova. M.: URSS, 2010. 357 s.
13. Fedorov M.V., Kalinin K.M., Bogomolov A.V., Stetsyuk A.N. Matematicheskaya model' avtomatizirovannogo kontrolya vypolneniya meropriyatii v organakh voennogo upravleniya // Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy. 2011. T. 9. № 5. S. 46-54.
14. Esev A.A., Merezhko A.N., Tkachuk A.V. Tekhnologiya kvalimetrii tekhnicheskogo urovnya slozhnykh sistem // Vestnik komp'yuternykh i informatsionnykh tekhnologii. 2014. № 7 (121). S. 28-34.
15. Golosovskii M.S. Model' zhiznennogo tsikla razrabotki programmnoho obespecheniya v ramkakh nauchno-issledovatel'skikh rabot // Avtomatizatsiya. Sovremennye tekhnologii. 2014. № 1. S. 43-46.
16. Bogomolov A.V., Kukushkin Yu.A. Avtomatizatsiya personifitsirovannogo monitoringa uslovii truda // Avtomatizatsiya. Sovremennye tekhnologii. 2015. № 3. S. 6-8.
17. Esev A.A., Soldatov A.S., Pushkarskii E.Yu. Metod kvalimetrii slozhnykh tekhnicheskikh sistem pri provedenii ikh ispytaniy // Nauchno-metodicheskii elektronnyi zhurnal "Kontsept". 2013. T. 4. S. 1191-1195.
18. Kukushkin Yu.A., Bogomolov A.V., Ushakov I.B. Matematicheskoe obespechenie otsenivaniya sostoyaniya material'nykh sistem // Informatsionnye tekhnologii. 2004. № 7 (prilozhenie). 32 s.
19. Bogomolov A.V., Dragan S.P. Avtomatizirovannyi monitoring i tekhnologii obespecheniya akusticheskoi bezopasnosti personala // Avtomatizatsiya. Sovremennye tekhnologii. 2015. № 4. S. 25-29.
20. Korobov N.V., Kotov N.M., Lebedev G.S., Loshakov L.A., Yavorskii A.N. Postroenie informatsionnoi sistemy otsenki meditsinskikh tekhnologii // Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy. 2013. T. 11. № 10. S. 51-55.
21. Kolomiets L.V., Fedorov M.V., Bogomolov A.V., Merezhko A.N., Soldatov A.S., Esev A.A. Metod podderzhki prinyatiya reshenii po upravleniyu resursami pri ispytaniyakh aviatsionnoi tekhniki // Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy. 2010. T. 8. № 5. S. 38-40.
22. Fedorov M.V., Kalinin K.M., Bogomolov A.V., Stetsyuk A.N. Matematicheskaya model' avtomatizirovannogo kontrolya vypolneniya meropriyatii v organakh voennogo upravleniya // Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy. 2011. T. 9. № 5. S. 46-54.