Модификация метода разложения на части подготовки принятия решения в ситуационном центре с использованием классификации пространственных объектов в ГИС

Modification of the method of decomposing into the decision-making preparation parts in the situation center, using a classification of the GIS spatial objects

Воронин / Voronin A.
Алексей Владимирович
(aleksey.v.v@mail.ru)
кандидат технических наук, доцент.
Федеральный исследовательский центр
«Информатика и управление» РАН,
ведущий научный сотрудник.
г. Москва

Ключевые слова: геоинформационная система – geo-information system; ГИС – GIS; принятие решения – decision-making; классификация – classification; критерий – criterion; нечеткое множество – fuzzy set; нейронная технология – neural technology.

Статья продолжает тематический цикл статей, посвященных ГИС. В статье рассматривается решение задачи модификации метода разложения на части подготовки принятия решения в ситуационном центре с использованием ГИС, реализующего декомпозицию проблемы на составные части, отличающегося от известных использованием в ходе подготовки принятия решения задачи разбиения на классы пространственных (гео) объектов на основе математического аппарата нечетких множеств и нейронной технологии, позволяющего также повысить эффективность функционирования ГИС.

The article continues the thematic cycle of articles devoted to the GIS, which addresses the solution of the modification of the method of decomposing into decision-making preparation parts in the situation center using the GIS that decomposes a problem into its component parts, which differs from those known to be used in the decision-making preparation of the problem of partitioning into classes of spatial (geo) objects based on the mathematical apparatus of fuzzy sets and neural technology which also allows to improve the GIS efficiency.

Введение

Современное применение геоинформационных систем (ГИС), как правило, заключается в использовании их как средств, помогающих в подготовке принятия решения по широкому спектру задач в различных сферах деятельности человека, при этом обрабатывается большой объем гео- и разнородных метаданных. Принятие решения в таких условиях требует четкого понимания как самой задачи, так и путей ее решения, детализации составных подзадач и определения последовательности (очередности) их решения. Однако ввиду большого объема и разнородности метаданных, а также разнообразия решаемых с помощью ГИС задач, существующие методы подготовки принятия решения с использованием ГИС имеют значительные ограничения. Целесообразно осуществить модификацию метода разложения на части при подготовке принятия решения с использованием ГИС, реализующего декомпозицию проблемы на составные части и отличающегося от известных использованием в ходе подготовки принятия решения задачи разбиения на классы пространственных объектов. Модификация метода позволит также повысить эффективность использования геоинформационных систем за счет автоматизации процессов обработки гео и метаданных.

Целью исследования, представленного в статье, является модификация метода разложения на части подготовки принятия решения в ситуационном центре (СЦ) с использованием ГИС.

При этом решались задачи.

1. Анализ методов подготовки принятия решения, применяемых на современном этапе, с использованием ГИС.

2. Модификация метода разложения на части подготовки принятия решения в СЦ с использованием классификации пространственных объектов в ГИС.

Анализ методов подготовки принятия решения, применяемых на современном этапе, с использованием ГИС

Современный этап развития систем подготовки принятия решения характеризуется активным использованием методов бизнес-логики, что обусловлено построением систем на получение максимального эффекта

2 2019.indd 99 14.06.2019 16:54:04

при минимальных затратах. Согласно классификации методов принятия решений, включая методы, используемые в бизнес-логике [1–5], различают:

– экспертные методы;

– методы на основе творческого мышления.

Экспертные методы принятия решения, как правило, ресурсоемки с точки зрения привлекаемых экспертов и требуют больших временных затрат, что критично при подготовке решения в СЦ, поэтому получили ограниченное применение в СЦ в отличие от методов творческого мышления с использованием ГИС, которые делятся на:

– коллективные;

– неформальные.

Коллективные методы требуют наличия участников коллективной работы по подготовке принятия решения. Формами работы являются заседания, совещания, круглые столы и т. д. При этом могут применяться экспертные методы принятия решений.

Неформальные методы основаны на аналитических способностях людей, принимающих решения. При этом как в одном, так и другом случаях выбор решений, как правило, сопряжен с обработкой больших массивов данных применительно к геоинформационной среде.

Учитывая ограничение временного ресурса и персонала в СЦ, наибольшее распространение получили неформальные методы творческого мышления, что также обусловлено хорошей алгоритмизацией аналитических решений математическим аппаратом нечетких множеств и нейронной технологии.

Процесс творческого мышления имеет следующую очередность основных этапов формирования решения.

1. Сбор данных, декомпозиция проблемы (совокупность простых задач), определение особенностей как составных частей, так и проблемы в целом.

2. Определение возможных путей решения проблемы, составных задач, выработка возможных решений.

3. Исследование составных задач, разработка новых идей решения проблемы или составных задач.

4. Окончательное решение проблемы, принятие решения.

5. Анализ результатов решения.

В настоящее время к основным методам творческого мышления относят мозговую атаку (мозговой штурм), синектику, поиск принудительных взаимосвязей, морфологический анализ, опросные листы, разложение на части и т.д.

Учитывая специфику и разнородность исходных данных, имеющиеся ограничения, целесообразно подготовку принятия решения с использованием ГИС в СЦ осуществить на основе разложения проблемы на части:

– определить перечень основных задач (характеристик) проблемы;

– исследовать задачи;

– определить пути решения;

– решить составные задачи (проблему в целом);

– проанализировать результат решения.

Предложенная последовательность опирается на этапы формирования решения при использовании творческого мышления, представленного выше. Осуществим модификацию метода разложения на части подготовки принятия решения в ситуационном центре с использованием геоинформационной системы.

Модификация метода разложения на части подготовки принятия решения в СЦ с использованием классификации пространственных объектов в ГИС

Детализируем метод разложения на части подготовки принятия решения с использованием ГИС. Метод предполагает следующую последовательность действий.

1. Анализируемые данные разбиваются на группы (например):

– полученные из разнородных источников;

– полученные при анализе реальных (воз)действий.

2. Осуществляется декомпозиция проблемы на составные задачи (например):

– определение местоположения пространственных (гео) объектов (формирование слоя геоданных);

– определение классов (классификация) геообъектов на основе анализа геоданных и разнородной информации (метаданных), хранящихся в базах ГИС;

– трансформация структуры гео- и метаданных из простых в сложные с использованием набора правил преобразования для визуализации информации;

– визуализация информации динамическим конфигурированием электронного атласа по критерию наглядности.

3. Исследуются задачи, определенные в п. 2 данной последовательности действий метода, выбираются пути и решаются составные задачи.

4. Подготавливается принятие решения на основе сопоставления данных, хранящихся в базах ГИС и полученных в результате анализа реальных (воз)действий и разнородных источников, наглядно (осуществляется поддержка) принимается решение.

5. Анализируется результат (характеристики) решения.

На рис. 1 представлена блок-схема последовательности действий при использовании метода разложения на части подготовки принятия решения с использованием ГИС.

В предложенной последовательности действий большинство этапов соответствует классическому методу разложения на части подготовки принятия решения с использованием творческого мышления, рассмотрению которых посвящены [3–5]. При этом решение задачи классификации геообъектов в ГИС (п. 2 метода), используемой в СЦ для подготовки принятия решения, не рассматривалось. Осуществим решение данной задачи. Для этого потребуется разработка способа классификации геообъектов на основе анализа разнородной информации (метаданных), хранящихся в базах ГИС.

2 2019.indd 100 14.06.2019 16:54:04

Решение задачи целесообразно начать с выбора исходных данных – характеристик, значения которых хранятся в тематической базе данных (БД) ГИС.

Выбор характеристик пространственного объекта, с одной стороны, определяется возможностью осуществления измерений параметров выбранной характеристики (например, геометрические размеры геообъекта), с другой – уникальностью (например, пространственные координаты геообъекта), позволяющих однозначно или с высокой вероятностью его классифицировать. В каждом конкретном случае выбор характеристик осуществляется индивидуально. Обобщенная схема выбора является априорным анализом характеристик по критериям – возможности измерения параметров характеристик пространственного объекта и их уникальностью. Обобщенный пример выбранных характеристик и параметров пространственных объектов представлен в таблице 1. Пример составлен на основе гео- и метаданных об объектах (размер, координаты и транспортная доступность), хранящихся в тематической базе ГИС.

В ходе анализа по указанным критериям выбраны пространственные (координаты x – характеристика 1, y – характеристика 2, z – характеристика 3) и геометрические (длина – характеристика 4, ширина – характеристика 5) характеристики геообъектов.

Пример (табл. 1):

1) характеристика 1 (координата x): A (геообъект 1), L (геообъект 2), T (геообъект 3);

2) характеристика 2 (координата y): B (геообъект 1), M (геообъект 2), U (геообъект 3);

3) характеристика 3 (координата z): C (геообъект 1), N (геообъект 2), Y (геообъект 3);

4) характеристика 4 (длина): D (геообъект 1), P (геообъект 2 и 3);

5) характеристика 5 (ширина): E (геообъект 1 и 2), F (геообъект 3).

Для решения задачи классификации предлагается использовать математический аппарат нечетких множеств и нейронной технологии [6–10], что обусловлено специфичностью исходных данных и результативностью решения задач подобного типа предложенным аппаратом.

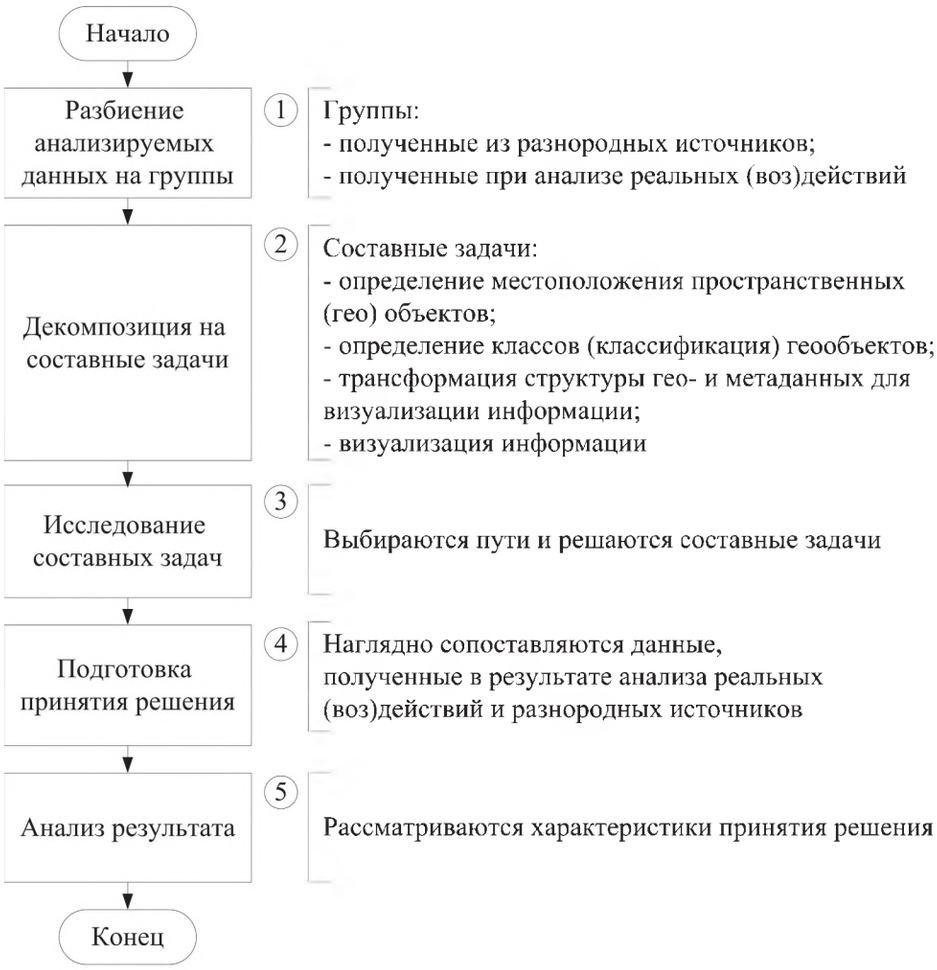

Рис. 1. Блок-схема последовательности действий метода разложения на части подготовки принятия решения с использованием классификации пространственных объектов в ГИС

2 2019.indd 101 14.06.2019 16:54:05

Таблица 1

Характеристики и параметры пространственных объектов

Геообъект 1		Геообъект 2		Геообъект 3	
Характеристика	Параметр	Характеристика	Параметр	Характеристика	Параметр
1	*A*	1	*L*	1	*T*
2	*B*	2	*M*	2	*U*
3	*C*	3	*N*	3	*Y*
4	*D*	4	*P*	4	*P*
5	*E*	5	*E*	5	*F*

Одним из вариантов детерминистского метода обучения и идентификации в непараметрических условиях является перцептронный подход, предложенный Розенблатом и представляющий собой естественную и обладающую большими возможностями модель процесса обучения машины. В принципе, алгоритм перцептрона является одним из представителей интерактивных процедур, которые можно легко строить с помощью градиента. Основная модель перцептрона, обеспечивающего отнесения образа к одному из заданных классов, представлена на рис. 2.

Устройство состоит из множества $\{S\}$ сенсорных элементов, которые случайным образом соединены с ассоциативными элементами второго множества $\{X\}$. Каждый из элементов второго множества воспроизводит выходной сигнал в случае, если достаточное количество сенсорных элементов, соединенных с его входом, находится в возбужденном состоянии.

Реакция всей системы пропорциональна сумме взятых с определенными весами реакций элементов ассоциативного множества

$$R = \sum_{i=1}^{n+1} w_i x_i = W^T X, \quad (1)$$

где x_i – реакция i-го ассоциативного элемента;

w_i – соответствующий весовой элемент.

Если $R > 0$, то предъявленный системе образ принадлежит классу A_1, если $R < 0$, то классу A_2.

Эту схему легко распространить на случай разделения для n классов ($n > 2$), добавляя соответствующее число реагирующих элементов в сетчатке R. Классификация реализуется аналогичным способом: рассматриваются значения реакций $R_1, R_2,., R_n$ и образ причисляется классу A_j, если $R_j > R_i$ для всех $j \neq i$.

Основную модель можно также легко распространить на случай нелинейных решающих функций введением соответствующих нелинейных преобразований между сетчатками X и R.

Обучение перцептрона сводится к простой схеме итеративного определения вектора весов W. Пусть задано два обучающих множества, представляющих классы A_1 и A_2 соответственно. Пусть $W(1)$ – начальный вектор весов, который выбирается произвольно. В таком случае k-й шаг обучения выглядит следующим образом:

– если $X(k) \in w_1$ и $W^T(k)X(k) < 0$, то вектор весов заменяется вектором $W(k+1) = W(k) + cX(k)$, где c – корректирующее приращение;

– если $X(k) \in w_2$ и $WT(k)X(k) > 0$, то $W(k)$ заменяется вектором $W(k+1) = W(k) - cX(k)$.

В чистом виде способ носит название упрощенного градиентного метода. Сходимость наступает при правильной классификации всех объектов с помощью некоторого вектора весов. Если заданные классы линейно разделяются, то сходимость осуществляется за конечное число итераций. В тех ситуациях, когда возможность разделения отсутствует, целесообразно применять решение на основе анализа значения наименьшей среднеквадратической ошибки.

Применительно к решаемой задаче классификации геообъектов с использованием теории нечетких множеств и нейронных сетей осуществим ее формализованное представление.

Пусть имеется X наборов параметров характеристик всех геообъектов слоя. Требуется разделить эти наборы (метаданные) на группы так, чтобы в каждой оказались наборы параметров характеристик только одного геообъекта.

Решение.

1. Пусть $f_1(x, y)$ – функция принадлежности нечеткого бинарного отношения сходства на заданном наборе параметров характеристик геообъектов (метаданных).

2. Для каждой пары наборов x и y значение $f_1(x, y)$ есть субъективная оценка (оператором) степени сходства x и y. Это нечеткое отношение рассматривается как данные экспериментального характера, отражающие принятием оператором решения о совпадении параметров характеристик параметрам геообъекта. Используем эти данные для задачи классификации.

3. Отношение называется одношаговым в том смысле, что описывает результаты сравнения наборов параметров характеристик друг с другом, т.е. попарно, n-шаговое отношение $f_n(x, y)$ определяется выражением:

$$f_n(x, y) = \sup_{x_1 \ldots x_{n-1} \in X} \min\{f_1(x, x_1),., f_1(x_{n-1}, y)\}. \quad (2)$$

2 2019.indd 102 14.06.2019 16:54:05

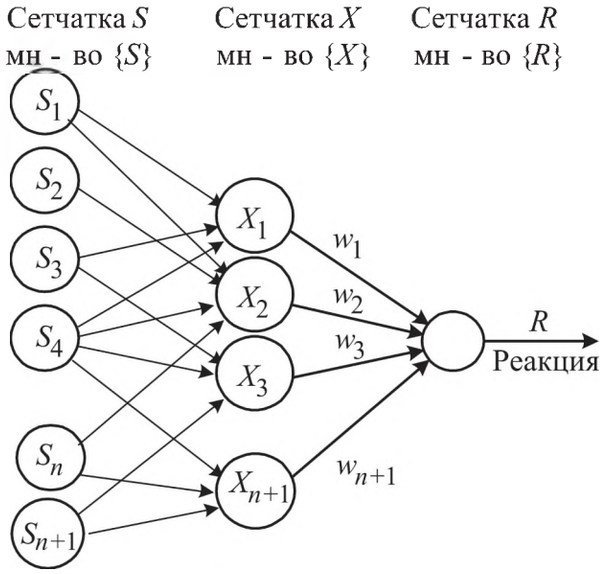

Рис. 2. Вариант модели перцептрона

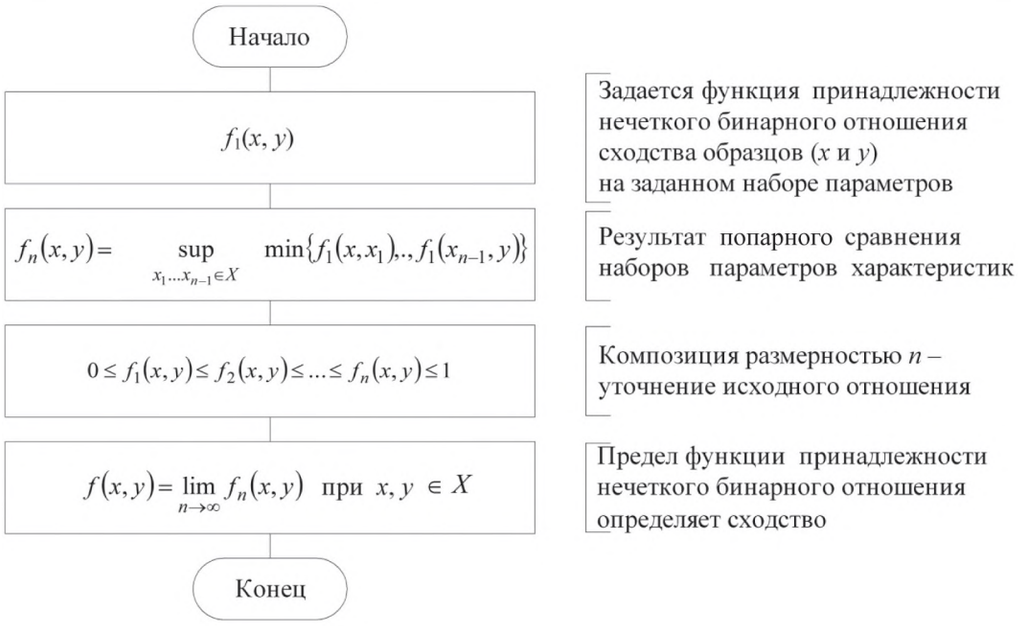

Рис. 3. Блок-схема счетной процедуры последовательности действий при классификации геообъектов

2 2019.indd 103 14.06.2019 16:54:05

4. Это отношение является композицией размерностью n исходного отношения $f_1(x, y)$ и представляет собой его уточнение.

5. Для любых $x, y \in X$ выполняется цепочка неравенств

$$0 \le f_1(x,y) \le f_2(x,y) \le \ldots \le f_n(x,y) \le 1. \quad (3)$$

6. Для любых $x, y \in X$ последовательность $\{f_n(x, y)\}$ при $n \to \infty$ стремится к пределу (сходству).

7. Определяется предельное отношение сходства как

$$f(x,y) = \lim_{n\to\infty} f_n(x,y) \text{ при } x, y \in X. \quad (4)$$

Предельное отношение является конечным результатом обработки результатов нечетких измерений $f_1(x, y)$, и, следовательно, целесообразно использовать для классификации геообъектов.

На рис. 3 представлена блок-схема счетной процедуры разработанной последовательности действий при классификации геообъектов.

Пример. Требуется разделить наборы метаданных на n групп так, чтобы в каждой оказались наборы параметров характеристик только одного геообъекта.

Введем отношение R_λ, которое описывает результаты сравнения наборов параметров характеристик геообъектов (метаданных) друг с другом:

$$R_\lambda(x,y) \Leftrightarrow f(x,y) \ge \lambda, \quad (5)$$

где λ – произвольное число: $0 < \lambda < 1$.

R_λ является отношением эквивалентности для X наборов. Для любых наборов параметров характеристик отнесение к тому или иному классу (геообъекту) определяется степенью близости вычисляемого отношения к числу λ – порогу принятия решения. Выбор величины порога определяется начальными условиями задачи.

Реализация модели перцептрона (рис. 2) в данном примере осуществляется в подаче параметров характеристик (множества $\{S\}$ сенсорных элементов), случайным образом соединенных с наборами (ассоциативными элементами множества $\{X\}$), которые воспроизводят выходную реакцию R. В рассматриваемом примере (n классов) схема (рис. 2) трансформируется добавлением соответствующего числа реагирующих элементов в сетчатке R. В результате реакция всей системы определяется через сумму взятых с определенными весами реакций элементов ассоциативного множества.

Обучение перцептрона осуществляется с использованием градиентного метода и сводится к итеративному определению вектора весов, обеспечивающего сходимость решения задачи классификации геообъетов.

Если у оператора в процессе работы в тематической базе данных ГИС хранится порядка 50 наборов параметров характеристик при числе (классов) геообъектов 25, то выбор порога принятия решения по отнесению набора к определенному классу осуществляется как реализация счетной процедуры последовательности действий при классификации геообъектов, в результате функционирования которой формируется 25 классов эквивалентности наборов параметров характеристик геообъектам.

В результате исследования предложена последовательность действий подготовки принятия решения с использованием ГИС, большинство этапов которой соответствует классическому методу разложения на части с применением творческого мышления. Однако в классическом методе отсутствует как задача, так и ее решение по классификации геообъектов. В качестве исходных данных для решения задачи определены характеристики, значения которых хранятся в тематической базе данных ГИС. Выбор характеристик определяется доступной возможностью осуществления измерений параметров выбранной характеристики, а также уникальностью, позволяющей однозначно или с высокой вероятностью классифицировать геообъект. Решение задачи классификации основано на использовании математического аппарата нечетких множеств и нейронной технологии, что обусловлено специфичностью исходных данных и результативностью решения задач подобного типа.

Таким образом, модификация метода разложения на части подготовки принятия решения с использованием ГИС заключается в реализации декомпозиции проблемы на составные подзадачи и использованием в ходе подготовки принятия решения задачи классификации геообъектов на основе математического аппарата нечетких множеств и нейронной технологии.

Заключение

Современный этап развития систем подготовки принятия решения характеризуется активным использованием ГИС и методов бизнес-логики, что обусловлено необходимостью и желанием получения максимального эффекта при минимальных затратах. Целесообразно подготовку принятия решения с использованием ГИС, учитывая специфику и разнородность исходных данных, а также имеющиеся ограничения, осуществлять на основе разложения проблемы на части (использовать метод разложения на части).

Последовательность действий при таком методе (подготовки принятия решения с использованием геоинформационной системы) в целом опирается на этапы формирования решения при использовании творческого мышления. Однако в классическом методе отсутствует как задача, так и ее решение по классификации геообъектов. В качестве исходных данных для решения задачи определены характеристики, значения которых хранятся в тематической базе данных ГИС. Выбор характеристик определяется доступной возможностью осуществления измерении й параме-

2 2019.indd 104 14.06.2019 16:54:06

тров выбранной характеристики, а также уникальностью, позволяющей однозначно или с высокой вероятностью классифицировать геообъект.

Сущность модификации метода разложения на части подготовки принятия решения с использованием ГИС заключается в реализации декомпозиции проблемы на составные подзадачи и использовании в ходе подготовки принятия решения задачи классификации геообъектов на основе математического аппарата нечетких множеств и нейронной технологии. Выбор математического аппарата обусловлен специфичностью исходных данных и результативностью решения задач подобного типа при использовании данного аппарата. Кроме этого, полученное решение автоматизирует процесс обработки гео и метаданных, высвобождая временной и интеллектуальный ресурс оператора.

Полученные в ходе исследования результаты свидетельствуют о решении поставленных частных задач и достижении цели – модификации метода разложения на части подготовки принятия решения в ситуационном центре с использованием ГИС.

Литература

1. Таха, Х. А. Введение в исследование операций / Х.А. Таха ; пер. с англ. В.И. Тюпти, А.А. Минько. – Изд. 6-е. – М.: ИД «Вильямс», 2001. – 912 с.

2. Уилер, Д. Статистическое управление процессами [: пер. с англ.] / Д. Уилер, Д. Чамберс. – М. : Альпина Диджитал, 2018. – 409 с.

3. Goodwin, P. Decision Analysis for Management Judgment / P. Goodwin, G. Wright. – 5rd edition. – Chichester: Wiley, 2014. – 496 p.

4. Нив, Г. Р. Организация как система. Принципы построения устойчивого бизнеса Эдвардса Деминга [: пер. с англ.] / Г.Р. Нив. – М. : Альпина Паблишер, 2018. – 368 с.

5. Драчева, Е. Л. Менеджмент / Е.Л. Драчева, Л.И. Юликов. – 16-е изд., стер. - М.: 2016. – 304 с.

6. Алгоритмы: построение и анализ [: пер. с англ.] / Т. Кормен [и др.]. – 2-е изд. – М.: ИД «Вильямс», 2007. – 1296 с.

7. Яхъяева, Г. Э. Нечеткие множества и нейронные сети / Г.Э. Яхъяева. – 2-е изд., испр. – М. : Интерент-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 316 с.

8. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление [: пер. с англ.] / А. Пегат – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.

9. Каллан, Р. Основные концепции нейронных сетей / Р. Каллан ; пер. с англ. и ред. А.Г. Сивака. – М. : ИД «Вильямс», 2001. – 287 с.

10. Назаров, А. В. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем / А.В. Назаров, А.И. Лоскутов. – СПб.: Наука и техника, 2003. – 384 с.

2 2019.indd 105 14.06.2019 16:54:06