

ПРИМЕНЕНИЕ МУЛЬТИМНОЖЕСТВ ПРИ РЕШЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Галина Станиславовна Малтугуева, программист

Тел. 8 395 245 3019, e-mail: gata@icc.ru

Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН

http://www.icc.irk.ru

Александр Юрьевич Юрин, к.т.н., заведующий лабораторией

Тел. 8 395 245 3019, e-mail: iskander@icc.ru

Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН

http://www.icc.irk.ru

В работе описаны методы решения задачи группового многокритериального выбора, позволяющие обрабатывать различные формы представления индивидуальных предпочтений и основанные на применении мультимножеств. Рассмотрены примеры решения практических задач с помощью описанных методов.

Ключевые слова: мультимножества, многокритериальный групповой выбор, принятие решений.

***Работа выполнена при частичной поддержке
гранта РФФИ №15-07-05641, 16-37-00041***

При решении конструкторских задач в области машиностроения, например, при проектировании или ремонте изделия (детали), требуется обосновать выбор конструкционного материала. Аналитический обзор показал, что данная задача является многовариантной, так как для изготовления какой-либо детали можно выбрать некоторое множество материалов, удовлетворяющее условиям эксплуатации, изготовления и ремонта (восстановления). Как правило, при этом необходимо учитывать целый ряд условий: последствия в результате повреждения или разрушения детали, режимы и условия эксплуатации; технологию изготовления и ремонта, технологическую наследственность, стоимость, доступность и др., которые неоднозначно оцениваются специалистами, принимающими решения [1; 2; 3].



Г.С. Малтугуева

С другой стороны, в процессе работы над совместным российско-монгольским проектом [4] возникла задача выбора наилучшего сценария. Проект заключался в создании системы для мониторинга и прогнозирования состояния воздуха в г. Улан-Батор. Для этого была разработана и идентифицирована модель распространения примесей в атмосфере. Также был проведен сбор информации о планируемых меро-



А.Ю. Юрин

приятий по снижению загрязнения, на основе которых был сформирован ряд сценариев, для которых было спрогнозировано состояние атмосферного воздуха в городе. Используя полученную информацию по каждому сценарию, проведена апробация предложенного в данной работе подхода. Монгольскими коллегами был составлен список возможных мероприятий, сформирован перечень параметров, которые необходимо учитывать при выборе окончательного плана мероприятий по улучшению состояния атмосферного воздуха в городе.

Обе описанные задачи относятся к классу задач группового многокритериального выбора, результат решения которых является обоснованием в принятии решения и позволяет лицу, принимающему решение, получить агрегированные оценки всех вариантов. Количество практических задач такого класса достаточно велико, и для повышения

эффективности их решения требуется специального методического, математического, алгоритмического и программного обеспечения. Трудоемкость принятия решения возрастает, если необходимо обобщить экспертные мнения, представленные в разной форме (оценки упорядочения вариантов, матрицы парных сравнений).

Существует ряд подходов, позволяющих обобщать индивидуальные мнения: мозговой штурм, переговоры, проблемно-деловые игры, многоуровневое анкетирование (метод Дельфи), поиск консенсуса, метод парных сравнений, голосование, методы поиска минимальных отклонений, методы многокритериального выбора, теоретико-игровые методы и т.д. Наиболее распространенными методами выработки решений в группе являются голосование и многокритериальный выбор. Принятие групповых решений с помощью голосования позволяет агрегировать индивидуальные предпочтения при минимальном объеме экспертной информации о рассматриваемых вариантах решения (альтернативах) и в короткие сроки. На сегодняшний день известны разнообразные процедуры голосования (правило большинства, Борда, Нансона, Шульце, Доджсона, Варе и др.).

Методы многокритериального выбора позволяют обрабатывать информацию о разнородных свойствах рассматриваемых объектов, высказанных как одним человеком (экспертом, лицом, принимающим решение), так и группой лиц. Наиболее известными методами индивидуального выбора являются методы многомерной полезности (МАУТ), анализа иерархий (МАИ), ограниченной пороговой предпочтительности (ЭЛЕКТРА), вербального анализа (ПАРК, ЗАПРОС, ОРКЛАСС), эвристические методы (СМАРТ). Для принятия групповых решений применяют методы усреднения, аддитивной свертки критериев, агрегирования парных сравнений вариантов, аналитической иерархии, вербального анализа (АРАМИС, МАСКА, ПАКС, ПАКС-М) и др. [5]

В данной работе описывается оригинальный подход к поддержке принятия решений, который может быть применен в задачах индивидуального и группового многокритериального выбора. Предлагаемый подход не зависит от вида входной информации и основан на применении аппарата мультимножеств в рамках методов АРАМИС и АИР.

Предлагаемый подход к решению задачи

Приведем общую постановку задачи группового многокритериального выбора [5-8]. Априори известно, что:

- множество вариантов $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, которые необходимо оценить по набору параметров, конечно и не изменяется в процессе решения задачи;
- перечень критериев (параметров) $C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$, которые характеризуют свойства заданных вариантов;
- группа экспертов, оценивающих все варианты по всем критериям;
- индивидуальные мнения экспертов, которые могут быть представлены в различных формах: оценки (вербальные, числовые), упорядочения вариантов, матрицы парных сравнений.

Требуется: определить агрегированные оценки всех вариантов, на основании которых лицо принимающее решение, может принять окончательное решение.

Для решения подобных задач группового многокритериального выбора разработан многометодный подход, основанный на построении мультимножеств на основе индивидуальных мнений всех экспертов. Ниже приведена схема, реализующая предлагаемый подход:

Этап 1. Разбить множество индивидуальных предпочтений экспертов на подгруппы в зависимости от формы представления ими своих мнений:

- 1 – подмножество индивидуальных предпочтений, представленных в виде оценки вариантов по критериям (числовые, вербальные);
- 2 – подмножество индивидуальных предпочтений, представленных в виде упорядочения вариантов;

3 – подмножество индивидуальных предпочтений, представленных в виде матриц парных сравнений с использованием числовых значений.

Этап 2. Применить к каждой из подгрупп соответствующие методы обработки индивидуальных предпочтений:

1 подгруппа содержит результаты экспертного оценивания вариантов по заранее определенным шкалам с числовыми или вербальными значениями. Для их обработки предлагается использовать метод многокритериального группового выбора – АРАМИС, состоящего из следующих шагов:

- построение мультимножеств оценок, соответствующих вариантам;
- описание худшего и лучшего вариантов (опорных ситуаций) в виде мультимножеств;
- оценка расстояний от мультимножеств, описывающих рассматриваемые варианты, до мультимножеств, соответствующих опорным ситуациям;
- определение величины показателя относительной близости к лучшему варианту в метрическом пространстве мультимножеств Петровского.

2 подгруппа состоит из индивидуальных предпочтений, представленных в виде упорядочений вариантов. Обобщить мнения всех экспертов предлагается с помощью метода АИР, который основан на последовательном исключении из рассмотрения вариантов, расположенных на минимальном расстоянии к худшему варианту:

- формирование шкалы рангов единой для заданного набора упорядочений;
- построение по профилю индивидуальных предпочтений мультимножеств, соответствующих каждому варианту;
- описание худшего варианта в виде мультимножества;
- определение расстояний от мультимножеств, описывающих рассматриваемые варианты, до мультимножества, характеризующего худший вариант;
- удаление из профиля индивидуальных предпочтений вариантов с минимальным расстоянием до худшего;
- переход на первый шаг. Процедура продолжается до тех пор, пока не останутся несравнимые варианты.
- представление результата в виде ранжировки.

3 подгруппа состоит из индивидуальных предпочтений, представленных в виде матриц парных сравнений с числовыми значениями. Предлагается построить мультимножества, характеризующие все варианты, и применить к ним метод АРАМИС.

Этап 3. Построить результирующие агрегированные оценки всех вариантов с помощью метода АРАМИС. Суть данного этапа заключается в обработке трех множеств оценок вариантов, полученных в результате трех подгрупп оценок на Этапе 2.

Задача оценивания экологических мероприятий

По итогам обследования состояния атмосферного воздуха в г. Улан-Батор (Монголия) [5] были определены экологические мероприятия, направленные на улучшение ситуации. 7 возможных вариантов мероприятий оценивались 8 приглашенными экспертами по 13 критериям. Требовалось агрегировать результаты моделирования уровня концентрации примесей в воздухе (числовые данные), мнения экспертов (вербальные оценки и упорядочения альтернатив) и построить результирующее упорядочение вариантов. Для этого был использован предложенный многометодный подход [9; 10].

Этап 1. Экспертам было предложено оценить все варианты по каждому критерию, при этом результат оценивания может быть представлен как в виде оценок по предложенным шкалам, так и в виде ранжировок вариантов. Каждый эксперт работал в рамках своей компетенции, так два эксперта оценивали варианты по критериям C_1, C_2, C_3 ; два других – по C_4, C_5, C_8 ; еще два эксперта – работали по критериям $C_6, C_9, C_{11}, C_{12}, C_{13}$; два

последних – по C_7, C_{10} . При этом в каждой паре экспертов один представил свои предпочтения в виде оценок, а другой – в виде упорядочения вариантов. Полученные индивидуальные предпочтения были разбиты на 2 подгруппы в соответствии с формой представления результатов оценивания: оценки вариантов, упорядочения вариантов (таблица).

Таблица 1

Экспертные оценки вариантов

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	упорядочения
C ₁	5	6	3	8	11	11	15	$A_7 \succ A_4 \succ A_6 \succ A_3 \succ A_5 \succ A_2 \succ A_1$
	4	4	2	6	14	10	14	$A_4 \succ A_6 \succ A_7 \succ A_3 \succ A_1 \succ A_2 \succ A_5$
	7	8	5	9	9	8	16	$A_7 \succ A_4 \approx A_6 \succ A_5 \succ A_3 \succ A_1 \approx A_2$
	6	5	3	7	10	13	15	$A_4 \approx A_7 \succ A_3 \succ A_6 \succ A_1 \approx A_2 \approx A_5$
C ₂	20	25	6	27	15	33	37	$A_2 \succ A_7 \succ A_1 \approx A_3 \succ A_5 \succ A_4 \approx A_6$
	20	25	7	28	30	35	43	$A_1 \approx A_4 \succ A_7 \succ A_6 \succ A_2 \succ A_5 \succ A_3$
	20	25	7	28	30	35	43	$A_7 \succ A_4 \succ A_6 \succ A_3 \succ A_5 \succ A_2 \succ A_1$
	20	25	8	29	30	36	42	$A_3 \succ A_4 \approx A_6 \succ A_7 \succ A_5 \succ A_2 \succ A_1$
C ₃	23	24	6	18	19	25	34	$A_7 \succ A_5 \succ A_4 \succ A_2 \succ A_1 \approx A_3 \approx A_6$
	23	24	8	19	25	26	36	$A_7 \succ A_4 \approx A_5 \succ A_2 \succ A_6 \succ A_1 \approx A_3$
	23	24	8	19	25	26	36	$A_4 \succ A_5 \approx A_7 \succ A_1 \approx A_2 \succ A_3 \approx A_6$
	23	24	9	20	25	29	38	$A_5 \succ A_7 \succ A_2 \succ A_4 \succ A_3 \succ A_1 \approx A_6$
C ₄	31	0	0	0	31	31	31	$A_2 \succ A_3 \approx A_4 \succ A_1 \approx A_6 \succ A_5 \succ A_7$
	31	0	0	0	31	31	31	$A_2 \succ A_4 \succ A_3 \succ A_1 \approx A_6 \succ A_5 \succ A_7$
	31	0	0	0	31	31	31	$A_4 \succ A_2 \approx A_3 \succ A_6 \succ A_1 \succ A_5 \approx A_7$
	31	0	0	0	31	31	31	$A_2 \succ A_4 \succ A_3 \succ A_6 \succ A_5 \succ A_1 \approx A_7$
C ₅	10	1	6	7	16	11	17	$A_2 \succ A_3 \approx A_4 \succ A_1 \approx A_6 \succ A_5 \succ A_7$
	9	1	5	5	15	13	20	$A_4 \succ A_3 \succ A_2 \succ A_5 \approx A_6 \succ A_1 \succ A_7$
	8	2	7	8	18	12	15	$A_4 \succ A_2 \succ A_3 \succ A_6 \succ A_1 \succ A_5 \approx A_7$
	10	1	6	6	17	10	16	$A_3 \succ A_4 \succ A_2 \approx A_5 \approx A_6 \succ A_7 \succ A_1$
C ₆	12	1	3	3	12	12	14	$A_2 \succ A_3 \succ A_4 \succ A_1 \approx A_5 \approx A_6 \approx A_7$
	11	1	2	2	11	13	13	$A_4 \succ A_2 \approx A_3 \succ A_5 \succ A_1 \succ A_6 \approx A_7$
	12	1	4	3	12	12	13	$A_3 \approx A_4 \succ A_1 \approx A_2 \succ A_6 \succ A_5 \approx A_7$
	11	1	3	3	12	11	14	$A_2 \approx A_3 \succ A_1 \succ A_4 \succ A_7 \succ A_6 \succ A_5$
C ₇	д	пд	д	пд	пд	пд	нд	$A_2 \succ A_3 \approx A_4 \succ A_1 \approx A_6 \succ A_5 \succ A_7$
	д	д	д	д	д	д	д	$A_4 \succ A_2 \approx A_3 \succ A_6 \succ A_1 \succ A_5 \approx A_7$
	пд	пд	пд	д	д	д	д	$A_3 \succ A_2 \approx A_4 \succ A_1 \approx A_6 \succ A_5 \approx A_7$
	д	нд	пд	пд	д	нд	нд	$A_2 \approx A_3 \approx A_4 \succ A_5 \approx A_6 \succ A_1 \succ A_7$
C ₈	н	н	н	н	вс	вс	с	$A_1 \approx A_3 \approx A_4 \approx A_5 \approx A_6 \approx A_7 \succ A_2$
	он	н	ов	с	н	н	он	$A_3 \succ A_1 \approx A_4 \approx A_5 \succ A_6 \approx A_7 \succ A_2$
	н	вс	в	вс	с	н	н	$A_4 \succ A_3 \succ A_1 \approx A_5 \approx A_6 \succ A_2 \approx A_7$
	с	вс	ов	в	с	н	н	$A_5 \succ A_3 \approx A_4 \succ A_1 \approx A_6 \approx A_7 \succ A_2$
C ₉	ов	н	в	в	ов	ов	ов	$A_3 \succ A_2 \approx A_4 \approx A_7 \succ A_1 \approx A_5 \approx A_6$
	ов	н	ов	в	ов	в	ов	
	ов	вс	ов	в	в	ов	ов	

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	упорядочения
	В	ОН	ВС	Н	ВС	Н	С	$A_2 \succ A_3 \succ A_4 \approx A_7 \succ A_1 \approx A_5 \succ A_6$ $A_3 \succ A_2 \succ A_4 \succ A_7 \succ A_1 \succ A_5 \succ A_6$ $A_3 \succ A_4 \succ A_2 \approx A_7 \succ A_1 \succ A_5 \approx A_6$
C ₁₀	Н С ВС В	ОВ ВС В В	Н В В В	ОВ В ОВ ОВ	Н В ОВ ОВ	ОВ В ОВ ОВ	С ОВ ОВ ОВ	$A_4 \approx A_5 \succ A_7 \succ A_6 \succ A_3 \succ A_1 \succ A_2$ $A_1 \approx A_5 \succ A_4 \approx A_7 \succ A_3 \succ A_6 \succ A_2$ $A_1 \succ A_6 \approx A_7 \succ A_4 \approx A_5 \succ A_2 \approx A_3$ $A_1 \approx A_5 \approx A_6 \approx A_7 \succ A_3 \succ A_4 \succ A_2$
C ₁₁	Н ВС С В	Н С Н С	Н ВС С В	Н ВС С В	ОВ В ВС В	ОВ В С ОВ	С В ВС ОВ	$A_2 \succ A_3 \approx A_4 \succ A_1 \approx A_7 \succ A_5 \approx A_6$ $A_2 \succ A_3 \succ A_4 \succ A_1 \approx A_5 \approx A_6 \approx A_7$ $A_2 \approx A_3 \succ A_1 \approx A_4 \approx A_5 \succ A_6 \succ A_7$ $A_4 \succ A_2 \succ A_3 \approx A_7 \succ A_1 \approx A_5 \approx A_6$
C ₁₂	С С Н ВС	ОВ Н Н С	С Н Н С	С Н Н ВС	ОВ С Н ВС	С С Н ВС	ОВ С Н В	$A_2 \approx A_3 \approx A_4 \succ A_6 \approx A_7 \succ A_1 \approx A_5$ $A_5 \succ A_3 \succ A_7 \succ A_1 \approx A_2 \approx A_6 \succ A_4$ $A_2 \succ A_3 \succ A_4 \succ A_1 \approx A_5 \approx A_6 \approx A_7$ $A_7 \succ A_3 \approx A_4 \succ A_1 \approx A_5 \approx A_6 \succ A_2$
C ₁₃	С ВС В С	С С В Н	ОН С В Н	С С В Н	С ВС В Н	С С В Н	С С В Н	$A_4 \approx A_7 \succ A_3 \succ A_6 \succ A_1 \approx A_2 \approx A_5$ $A_7 \succ A_4 \approx A_6 \succ A_5 \succ A_3 \succ A_1 \approx A_2$ $A_1 \succ A_6 \approx A_7 \succ A_4 \approx A_5 \succ A_2 \approx A_3$ $A_4 \succ A_2 \approx A_3 \succ A_6 \succ A_1 \succ A_5 \approx A_7$

Этап 2. Применим к экспертным оценкам соответствующие методы.

1 подгруппа (числовые и вербальные оценки). В результате применения к ним метода АРАМИС получим следующие агрегированные оценки вариантов, которые показывают величину относительной близости вариантов к лучшему варианту (таблица 2).

Таблица 2

Показатель относительной близости к лучшему варианту

A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
0,5263	0,4556	0,4731	0,4526	0,5269	0,5275	0,5581

2 подгруппа (упорядочения вариантов). В ходе решения поставленной задачи были выполнены 5 итераций, на каждой из которых из рассмотрения были удалены варианты, расположенные наиболее близко к худшему варианту:

- 1 итерация – варианты A₂ и A₇,
- 2 итерация – вариант A₅,
- 3 итерация – вариант A₁,
- 4 итерация – вариант A₆,
- 5 итерация – вариант A₃.

Результирующее упорядочение имеет вид:

$$A_4 \succ A_3 \succ A_6 \succ A_1 \succ A_5 \succ A_2 \approx A_7.$$

Этап 3. В результате применения метода АРАМИС к оценкам и ранжировке вариантов, полученным на предыдущем этапе получим следующие агрегированные оценки:

Показатель относительной близости к лучшему варианту

A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
0,5428	0,4954	0,5716	0,654	0,4859	0,4954	0,4512

Окончательный результат о предпочтительности варианта A₄, а также агрегированные оценки всех сценариев были представлено администрации города, и на его основании было принято решение о реализации четвертого плана мероприятий.

Заключение

Авторы считают, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты:

- предложенный в работе многометодный подход к решению задач группового многокритериального выбора, основанный на применении аппарата мультимножеств и позволяющий одновременно обрабатывать индивидуальные предпочтения различной формы (числовые и вербальные оценки, упорядочения вариантов, матрицы парных сравнений);

- с помощью предложенного многометодного подхода решены следующие практические задачи: обоснование и выбор конструкционного материала [11], выбор плана экологических мероприятий по улучшению состояния атмосферного воздуха в городе [9;10], оценка эффективности деятельности медицинского персонала [12].

Литература

1. *Махутов Н.А.* Конструкционная прочность, ресурс и техногенная безопасность в 2 ч. – Новосибирск: Наука, 2005.
2. *Махутов Н.А.* Проблемы диагностики резьбовых соединений с учетом механических свойств материала // Заводская лаборатория. 2014. № 7 (80). С.40-44.
3. *Берман А.Ф., Николайчук О.А.* Модели, знания и опыт для управления техногенной безопасностью // Проблемы управления. 2010. № 2. С. 53-60.
4. *Батуринов В.А., Будням С., Малтугужева Н.С., Федоров Р.К.* Оценка и моделирование загрязнения атмосферного воздуха в г.Улан-Батор // Программные системы: теория и приложения. 2012. Т. 3. № 5. С. 81-91.
5. *Петровский А.Б.* Теория принятия решений. – М.: Издательский центр Академия, 2009.
6. *Ларичев О.И.* Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2000.
7. *Лотов А.В., Поспелова И.И.* Многокритериальные задачи принятия решений. – М.: МАКС Пресс, 2008.
8. *Малтугужева Г.С., Юрин А.Ю.* Агрегирование предпочтений в группах. Метод и программное средство // Berlin: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2014.
9. *Малтугужева Г.С., Малтугужева Н.С.* Задача экспертного оценивания сценариев при многовариантных расчетах // Программные системы: теория и приложения: электрон. научн. журн. 2014. Т. 5. № 5 (23). С.3-13. URL http://psta.psisras.ru/read/psta2014_5_11-21.pdf. (дата обращения 15.01.2016)
10. *Малтугужева Г.С., Петровский А.Б.* Многометодное групповое многокритериальное оценивание экологически мероприятий // Шестая международная конференция «Системный анализ и информационные технологии» САИТ – 2015 (15-20 июня 2015 г., г. Светлогорск, Россия): Труды конференции. В 2-х т. – М.: ИСА РАН. Т. 2. С. 72-80.
11. *Берман А.Ф., Малтугужева Г.С., Юрин А.Ю.* Поддержка принятия решений при выборе конструкционных материалов для обеспечения безопасной эксплуатации оборудования // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2015. № 11. С.25-31.
12. *Maltugueva G.S., Yurin A.Yu.* Combination of the Group and Multi-Criteria Decision-Making Methods in Business Management // Decision-Making: Processes, Behavioral Influences and Role in Business Management (Editors: Rebecca Hudson). NY. Nova Science Publishers. – 2015. (ISBN: 978-1-63482-959-5). P.4-19.

Application of multisets for solving the practical problems

Galina Maltugueva, Programmer

Alexander Yurin, PhD, Head of laboratory

The paper describes the methods for solving the problem of group multi-criteria decision-making that allow to process different forms of individual preferences and based on the use of multisets. Examples of solving practical problems by using the methods are described.

Keywords – multisets, group multi-criteria decision-making, decision-making.

УДК 004.4, 912.4

**РАЗРАБОТКА ПРИКЛАДНЫХ ГИС
НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГЕОПОРТАЛА**

Александра Константиновна Матузко, аспирант

Тел.: 8 923 284 7994, e-mail: akmatuzko@icm.krasn.ru,

Олег Эдуардович Якубайлик, к.ф.-м.н., доцент, старший научный сотрудник

Тел.: 8 902 990 6432, e-mail: oleg@icm.krasn.ru

Институт вычислительного моделирования СО РАН

http://icm.krasn.ru

Рассматривается программно-технологическое обеспечение для разработки прикладных веб-систем, ориентированных на обработку и представление пространственных данных. Предлагаемое решение представляет собой специализированную систему управления контентом веб-сайта, которая учитывает специфику геоинформационных веб-приложений.

Ключевые слова: веб-ГИС, Интернет-ГИС, веб-картография, геопортал, пространственные данные, система управления веб-контентом, картографические сервисы, каталог пространственных метаданных, WMS-сервис.

На сегодняшний день существует необходимость решения различных задач при помощи геоинформационных технологий. Важным источником для формирования информационных ресурсов служат электронные документы (статистические, информационно-аналитические и финансовые отчёты, нормативно-правовые документы и т.д.), содержащие табличные данные – результат обработки информации, представленной



А.К. Матузко

изначально в базах тематических или пространственных данных. Особое внимание уделяется организации доступа к пространственным данным. Пространственные данные – это цифровые данные о пространственных объектах, включающие сведения об их местоположении и свойствах, пространственных и непространственных атрибутах. В последнее время пространственные данные получили ши-



О.Э. Якубайлик

рокое распространение через сеть Интернет. При этом доступ к пространственным данным в Интернете не требует специального программного обеспечения и особых навыков работы с компьютером.

Применение геоинформационных систем становится шире и разнообразнее. Расширяются сферы применения ГИС, меняются подходы и концепции, лежащие в основе