

## **Раздел I. Информационные системы в управлении**

**С.Л. Беляков, И.Н. Розенберг**

### **СТИЛЬ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Электронные карты, планы и схемы являются универсальным средством хранения, поиска информации, моделирования процессов, позволяют формировать емкие по смыслу визуальные образы. Эти и другие свойства определили широкий спектр применения ГИС в автоматизированных системах на железнодорожном транспорте. Карты и схемы являются первичным рабочим инструментом специалистов, с его помощью решаются оперативные и стратегические задачи управления перевозками, технического обслуживания подвижного состава, ликвидации аварийных ситуаций.

Анализируя практику решения задач с помощью ГИС, нельзя не обратить внимание на неформальность постановки подавляющего большинства задач. Эксперт-аналитик обращается к картам и схемам, имея зачастую лишь интуитивное представление о плане предстоящих действий. Это обуславливается как недостатком исходных данных, так и огромным разнообразием реально складывающихся ситуаций. Например, при ликвидации аварийной ситуации, вызванной сходом состава, требуется строго следовать соответствующей инструкции, но при этом учитывать пространственное размещение путей и станций, возможности подъезда к месту аварии, производственную и жилую инфраструктуру района, наличие опасных объектов, состояние природной среды. Зачастую требуется прогнозировать тенденции ближайшего изменения различных факторов – накопления загрязняющих веществ, простои других видов транспорта, оползни, лесные пожары и т.д. Подготовить заранее решения относительно возможных аварийных ситуаций и поместить их в ГИС даже для относительно небольшого участка практически невозможно. Поэтому в условиях трудной формализуемости задач роль ГИС сводится не к выдаче готовых решений, а предоставлению программного инструментария для формирования решений. Инструменты должны охватывать действия от простого просмотра участков карты, выполнения вспомогательных геометрических построений до выдачи экспертных рекомендаций.

Взгляд на ГИС как систему, позволяющую решать разнообразные проблемы в особом «геоинформационном» стиле, известен [1–3]. Можно выделить следующие особенности «геоинформационного» стиля:

- 1) исходные данные для решения любых задач и их результаты являются картами, полученными отбором, созданием и модификацией картографических объектов;
- 2) для решения конкретной задачи строится рабочая область общей карты, хранимой в системе. Пользователь отбирает из всего доступного множества картографических материалов все то существенное, что с требуемой точностью отображает реальную действительность. Здесь выполняются все этапы, характерные для картографического анализа [4], выполняются построения, необходимые для пространственного, статистического, морфометрического и других видов анализа [5];

3) результат решения задачи получается интерпретацией содержимого рабочей области. Важную роль в этом случае играет визуальный анализ рабочей области, манипулирование изображением – изменение масштаба, ракурса, точек зрения, комбинаций активных слоев. Решение аналитик получает не напрямую, а через осмысление образа, порожденного картографическим изображением. Возможны модификации рабочей области соответственно логике решаемой проблемы.

Как показал анализ, «геоинформационный» стиль присущ процедурам решения задач на железнодорожном транспорте. Причина заключается в сложности карт, схем и планов, отображающих реальные объекты транспортной системы. Соотношение «часть» и «целое» таково, что не позволяет сохранить причинно-следственные связи иначе, чем через метапредставление, которым и является электронная карта. Объективно сложность обусловлена следующими факторами:

1) существующая железнодорожная сеть и сопутствующая инфраструктура представляют собой сложные в пространственном отношении объекты, описываемые сложными электронными картами в векторном формате с обширными атрибутивными данными;

2) информационная среда системы железнодорожного транспорта образована сетью, включающей тысячи компьютеров и охватывающей громадную территорию. ГИС, работающая в такой среде, неизбежно будет связываться с разнородными информационными источниками различной точности, формата представления, содержания и качества;

3) геоинформация в ГИС ЖД непрерывно накапливается, что свойственно любой ГИС. Динамика изменения пространственных объектов достаточно велика, что обуславливает непрерывное пополнение системы данными пространственно-временного характера.

Важно отметить, что современные программные оболочки ГИС, ориентированные на «геоинформационный» стиль, включают программные инструменты решения оптимизационных задач на «топологиях» – специальных структурах данных [6]. Топологические структуры данных включают в себя точечные, линейные и площадные объекты, но дополняют их описанием отношений между объектами. Соответственно растет уровень операций над данными: топологии могут комбинироваться, дают возможность поиска элементов карты со сложными свойствами, позволяют делать специальные построения. В частности, топологии естественным образом отображают графовые структуры. Последняя версия аналитического приложения ARC/INFO ArcGis Spatial Analyst [7] позволяет находить центры обслуживания, кратчайшие пути, связанные компоненты и т.д. Таким образом, современный ГИС-инструментарий поддерживает механизмы решения задач на графах. Насколько эффективно этот механизм используется, определяется двумя основными причинами:

- качеством картографической основы. Поскольку электронная карта – обобщенно-знаковая модель реальности, ей объективно присущи погрешности пространственного, временного и семантического характера, которые определяют адекватность графовой модели;

- свойствами рабочей области для анализа. Она может быть построена не единственным образом, что может существенно повлиять на результат оптимизации.

Поэтому следует учитывать то, как строится предварительный этап оптимизации. Высокий уровень абстракции графовых моделей не позволяет надеяться на создание простых способов построения по электронной карте. Специфическая система обозначений, терминов, представления картографических изображений создает лишь образ пространства, стимулирующий интеллектуальную деятельность ГИС-аналитика.

Анализ позволяет выделить следующие основные сценарии решения оптимизационных задач в среде ГИС:

1) используется некоторая общеприменимая рабочая область карты (не зависящая от задачи), в которой строится графовая модель. Полученный на графовой модели результат считается решением;

2) условия получения решения те же, что и в предыдущем случае, но сам результат подвергается исследованию на качество, исходя из недостатков картографической основы. Результат принимается как решение с оценкой качества и рекомендациями по улучшению;

3) рабочая область задачи строится таким образом, чтобы добиться максимального качества, для чего применяются специальные программные средства и информационные компоненты. Графовая модель использует показатели качества картографической основы, что позволяет использовать полученный результат как окончательное решение.

Сравнивая перечисленные сценарии, необходимо отметить следующее:

- при использовании первого сценария, поскольку не приняты меры для рационального построения рабочей области (взята «общеупотребимая»), решение задачи трудно интерпретировать из-за неопределенности того, насколько обеспечена актуальность, достоверность и полнота исходного картографического материала для оптимизации. Таким образом, легкость получения решения при работе по первому сценарию компенсируется его неточностью;

- применение второго сценария является попыткой оценить качество полученного результата. Такой подход рационален в тех случаях, когда пользователь по каким-то причинам не может модифицировать (улучшить) рабочую область. Средством оценки может стать использование когнитивных карт [8] – графовых моделей для качественного анализа результата. Можно утверждать, что центр тяжести в таком случае переносится в сторону интерпретации результата, роль оптимизации на графовой модели падает;

- работа по третьему сценарию компенсирует недостатки, отмеченные выше. Во-первых, строится рабочая область при наличии выбора слоев, объектов, документов и произвольных информационных источников. Аналитик реализует потенциальную возможность построить максимально информативную рабочую область общей карты системы. Во-вторых, растет значимость оптимизации на графовой модели, которая в большей степени становится адекватной реальности. Необходимо отметить, что построение графовой модели – трудноформализуемый процесс из-за многофакторной зависимости от исходных данных, субъективных оценок и предпочтений. Поэтому рациональному построению рабочей области должно придаваться большое значение.

Анализируя стиль решения задач в среде ГИС, мы приходим к выводу о том, что эффективное решение прикладных задач в значительной степени зависит от того, как построена рабочая область карты. Содержание и выразительность картографического изображения в значительной степени определяют вид и параметры графовой модели, интерпретацию полученного решения. Следовательно, рабочая область должна обладать определенным качеством, достаточным для решения прикладной задачи.

Проблема построения ГИС-аналитиком рабочей области требуемого качества известна. Получить нужную информацию из сложной ГИС все больше становится «попыткой напиться из пожарного шланга» [9, 10]. Как показал анализ, суть проблемы обусловлена следующими факторами:

- по своей сути, электронные карты обладают интегрирующей функцией, объединяя ссылками разнородные информационные ресурсы. Тем самым образу-

ется гипертекстовая структура, скрывающая за графическим изображением обширное информационное пространство. Вследствие подобной «нелинейности» ГИС с картографической основой, включающей более  $10^5$  графических примитивов, становятся для пользователя необозримыми и малопонятными;

- объем информации ГИС растет с течением времени. Состояние объектов и явлений должно фиксироваться с привязкой ко времени, что усложняет поиск объектов и увеличивает неопределенность отображения карт и схем в заданном временном интервале. Заметим, что данный фактор заставляет вводить в состав ГИС подсистему хранилища данных, задачей которой является управление архивной информацией значительного объема;

- восприятие потока зрительной информации человека ограничено, но условие работы в реальном масштабе времени выдвигает серьезные требования к квалификации пользователя ГИС. Усилия, затрачиваемые на поиск объектов и фрагментов карты, отбор слоев и видовых экранов становятся все более значительными;

- оценка пользователями информативности и целостности рабочей области общей карты ГИС является субъективной. На отбор объектов влияет ряд НЕ-факторов: неточность, нечеткость, неоднозначность, неопределенность сведений на географических картах [11]. Пользователи, решающие даже одну и ту же проблему на основе собственного опыта и знаний, нередко расходятся в оценке качества исходного картографического материала. Поэтому любые детерминированные алгоритмы и средства отбора объектов не дают требуемого эффекта.

Указанные факторы приводят к необходимости создания средств формирования целостных избыточных рабочих областей. Именно на этапе построения рабочей области закладывается фундамент решения прикладной задачи. С качеством рабочей области связаны трудоемкость формулировки задачи в терминах графов, параметры графовой модели. В качестве подхода к решению проблемы целесообразно использовать методологию построения картографических образов (КО) [11]. Как показывает анализ, требует дальнейшего развития ряд теоретических вопросов в направлениях анализа особенностей объектных моделей КО для задач размещения центров обслуживания, исследования принципов синтеза системы КО, начиная с ручного формирования картографических изображений до единой объектной модели, совершенствования методов организации сетевых ГИС, использующих системы КО, анализа качества рабочих областей, строящихся на основе системы КО.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Майкл де Мерс*. Географические информационные системы. Основы / Пер. с англ. – М.: Дата+, 1999.
2. *Tor Bernhardsen*. Geographic information system. – VIAKIT and Norwegian Mapping Authority, 1992.
3. *The ESRI Guide to GIS Analysis Volume 1: Geographic Patterns and Relationships*. – Environmental Systems Research Institute, 1999.
4. *Берлянт А.М.* Картографический метод исследования. – М.: Изд-во МГУ, 1988.
5. *Malczewski J.* GIS and Multicriteria Decision Analysis. – New York: John Wiley&Sons Inc., 1999.
6. *P. Rigaux, M. Scholl, A. Voisard*. Spatial databases with application to GIS. – Academic Press, 2002.
7. *Д. МакКой, К. Джонстон*. ArcGIS Spatial Analyst. Руководство пользователя. – ESRI, 2001.
8. *Федулов А.С.* Нечеткие реляционные когнитивные карты // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 2005. № 1. – С. 120–132.
9. *Берлянт А.М.* Геоинформационная среда и эволюция ее отображения // Геодезистъ. – 2001. № 1. – С. 11–16.

10. Берлянт А.М. Картография и телекоммуникация (аналитический обзор).– М.: Изд-во МГУ, 1998.
11. Берштейн Л.С., Беляков С.Л. Геоинформационные справочные системы. Научное издание.– Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2001.

**А.В. Боженюк, В.В. Шадрина**

### **НЕЧЕТКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СИТУАЦИЙ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМАХ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ГАЗА**

Для классификации объектов или ситуаций в настоящее время используется большое количество мер сходства [1, 2], которые позволяют сравнивать между собой ситуации и определять наиболее схожие из них с целью выявления возможности использования управляющего решения, соответствующего одной ситуации, для другой ситуации, имеющей с ней сходство, называемой оцениваемой. Но большинство мер сходства основываются на суммировании разностей между значениями параметров двух ситуаций, что не всегда применимо к случаю, когда параметры, описывающие ситуацию, являются независимыми, или когда каждый параметр, составляющий ситуацию, является аргументом некоторой неизвестной функции, оказывающей влияние на выбор того или иного управляющего решения, принимаемого по данной ситуации. Использование таких мер сходства может привести к ошибкам при классификации в задачах с ограниченным количеством экспертной информации.

Задача управления технологическим процессом компримирования газа является многокритериальной и трудноформализуемой. Получение адекватной математической модели является сложным, так как процессы, происходящие в компрессорном агрегате при сжатии газа, весьма сложны. Попытки получения их аналитического описания, исходя из фундаментальных гидродинамических и термодинамических зависимостей, для инженерных целей неэффективны.

Длительная эксплуатация оборудования позволяет набрать достаточно большое число статистических данных, на основании обработки которых можно разработать рекомендации по управлению ТП. Однако хорошо зарекомендовал себя подход к моделированию технологических процессов [3, 4], при котором используются правила нечеткого условного вывода общей структуры вида «ЕСЛИ .... ТО .... ИНАЧЕ....».

Получаемая продукционная модель представляет собой результат экспертного опроса технологов-операторов, предоставляющих информацию качественно-го характера, обобщающую опыт их работы.

Типовыми подходами, применяемыми на этапе дефазификации, являются метод центра тяжести и метод середины максимума. Однако эти методы имеют ряд существенных недостатков [4]:

- использование метода середины максимума является проблематичным в случае, если функция принадлежности лингвистической переменной не обладает свойством квазивогнутости;
- при использовании метода центра тяжести диапазон изменения выходного параметра может составлять лишь 33,3 % от общей области значения; зависимость выходной переменной от входной является нелинейной.

Для решения задачи управления может быть применен метод классификации ситуаций на основании степени истинности дедуктивной схемы вывода.