

А.А. Стенин, В.П. Пасько, Р.В. Красничук,
В.А. Лемешко, О.М. Польшакова

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-
УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРА ГОРОДСКИХ
ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ**

Аннотация: Предложена интеллектуальная система поддержки принятия решений при управлении работой городских инженерных сетей, построенная на основе ориентированного взвешенного графа нечетких ситуаций. Приведена блок-схема работы, структура и состав модулей программного обеспечения.

Ключевые слова: городские инженерные сети, взвешенный граф ситуаций, интеллектуальная система поддержки принятия решений, нечётное ситуационное управление.

Введение

Диспетчеризация работы городских инженерных сетей (газопроводов, водопроводов, канализации и др.) является крайне сложной задачей. Это обусловлено тем, что диспетчеру необходимо учитывать большое количество факторов, влияющих на работу городских инженерных сетей (ГИС). Известно [1], что при наличии большого объёма исходной информации, используемой для принятия решений, значительно снижается качество принимаемых решений. Именно, поэтому использование средств интеллектуализации поддержки принятия решений, которые основаны на опыте экспертов данной предметной области, позволяют существенно повысить эффективность функционирования ГИС.

Кроме того, необходимость использования интеллектуальных систем поддержки принятия решений (ИСППР) обусловлена наличием неполной, зачастую недостоверной, информацией о текущем состоянии ГИС, слабой формализуемостью ситуаций, возникающих при работе ГИС, вариативностью и не единственностью возможных управляющих воздействий.

© Стенин А.А., Пасько В.П., Красничук Р.В., Лемешко В.А., Польшакова О.М., 2018

Нечёткие факторы, характеризующие текущую ситуацию в работе ГИС, отражают неопределенность внешней среды, неполноту, неточность, недостаточную достоверность информации, полученной из различных источников, слабо прогнозируемые последствия принимаемых решений, вербальный(качественный) характер описания сложившейся текущей ситуации. Из сказанного следует, что невозможно построить систему поддержки принятия решений в данной предметной области на основе математических моделей.

Наиболее подходящим методом реализации эффективных решений является интеллектуальная система поддержки принятия решений в городских инженерных сетях ГИС (ИСППР ГИС), построенная на основе ситуационного подхода с использованием нечёткой логики [2].

Постановка задачи

Известно [3], что любая задача принятия решений (ЗПР) может быть представлена в виде:

$$ЗПР = \langle T, A, Q, Y, F, G, D \rangle, \quad (1)$$

где T – постановка задачи; A – множество допустимых альтернатив; Q – множество критериев выбора (оценка эффективности вариантов решения); Y – множество методов измерения отношений между вариантами; F – отображение множества допустимых вариантов на множество критериальных оценок; G – система предпочтений экспертов; D – решающее правило, отражающее систему предпочтений.

При этом:

- по виду отображения $F = A * K$ ЗПР могут иметь детерминированный (достаточное и достоверное количество информации), вероятностный (информация, имеющая вероятностное распределение), неопределённый характер (недостаточная и слабоструктурированная информация);

- по мощности множества Q ЗПР могут быть однокритериальными и многокритериальными;

- по типу системы предпочтений G могут иметь одного ЛПР (индивидуальное принятие решений), либо несколько экспертов (коллективная ЗПР).

Принятие решений диспетчером ГИС происходит в сложной обстановке, характеризующейся следующими трудностями:

- невозможно получить достоверную, полную и точную информацию о нештатной ситуации, сложившейся в работе ГИС;
- быстротечность изменений возникающих ситуаций в ГИС;
- устаревание информации, используемой для принятия решений;
- наличие большого числа факторов;
- многовариантность принимаемых решений;
- компромисс между экономической выгодой для города и качеством услуг для жителей принятых диспетчером решений;
- ответственность за единоличное решение.

Исследования показывают, что лица, принимающие решение (ЛПР) без дополнительной аналитической поддержки, как правило, используют упрощенные и противоречивые правила выбора решений. В этом смысле эффективные решения в работе ГИС во многом зависят от возможностей технических и программных средств, реализующих методы и способы интеллектуальной поддержки принимаемых решений. В данной статье предлагается строить ИСППР на основе нечёткого ситуационного подхода с использованием понятий «штатных» и «нештатных» ситуаций в работе ГИС [4].

Решение задачи

Пусть текущая ситуация, сложившаяся в процессе работы городских инженерных сетей описывается в виде нечёткой ситуации следующего вида [5]:

$$S_{ТЕК} = \{M_{S_i}(x_i) / x_i\}, x_i \in X \quad (2)$$

где $M_{S_i}(x_i)$ – функция принадлежности лингвистической переменной x_i , характеризующей текущую ситуацию $S_{ТЕК}$.

Поскольку каждой лингвистической переменной x_i соответствует j -й терм из множества термов базы знаний, то формулу (1) можно записать в виде:

$$S_i = \{M_{M_{S_i}(x_i)}(T_j^i) / T_j^i\}, j = \overline{1, M}; i = \overline{1, N}; x_i \in X, \quad (3)$$

где T_j^i – j -й терм i -й лингвистической переменной

Для определение текущего состояние городских инженерных сетей необходимо сравнить данную нечёткую ситуацию с каждой не-

чёткой ситуацией из некоторого набора существующих в базе знаний данной предметной области ситуаций $S = (S_1, \dots, S_K)$.

В качестве меры для определение степени близости нечёткой ситуации $S_{ТЕК}$ и $S_k (k = \overline{1, K})$ из модели знаний можно использовать:

- степень нечёткого включения нечёткой ситуации $S_{ТЕК}$ в нечёткую ситуацию S_k ;
- степень нечёткого равенства $S_{ТЕК}$ и S_k ;
- степень нечёткой общности $S_{ТЕК}$ и S_k ;

Задаваясь одной из выбранных мер близости, можем задать некоторые нечёткие отношения между ситуациями, не только по отношению к текущей $S_{ТЕК}$, но и между существующими в базе знаний данной предметной области

С точки зрения данной предметной области наиболее удобной мерой близости можно считать степень нечёткого включения ситуации, которая характеризуется некоторым порогом включения определяемым разработчиком, исходя из условий, в которых протекает работа городских инженерных сетей. Порог включения определяется, как и функции принадлежности, в нормированном диапазоне $[0,1]$ следующим образом:

$$t_{\text{вкл.}} \in [\alpha_{\min}, 1], \quad (4)$$

где α_{\min} нижняя граница диапазона степени включения, обычно $\alpha_{\min} = 0.6 \div 0.7$. В это случае можем говорить о том, насколько нечёткие признаки текущей ситуации $S_{ТЕК}$ нечётко включаются в нечёткие значения соответствующих признаков ситуации $S_k (k = \overline{1, K})$ [1].

Далее для существующей базы знаний данной предметной области и условий работы ГИС в различных режимах эксплуатации формируем типовые «штатные» ситуации, для которых на основе экспертных методов детально разработаны управляющие воздействия на ГИС. При этом возможный переход от одной «штатной» ситуации S_k к другой S_l осуществляется с помощью некоторого решения. При этом каждому возможному решению определяется степень предпочтения данного решения $\nu_{kl}(S_k, R_{kl})$. Таким образом можно построить нечёткую ситуационную сеть (рис. 1), на которой наглядно видны

возможные переходы от одной «штатной» ситуации к другой и степень предпочтения этих переходов [6].

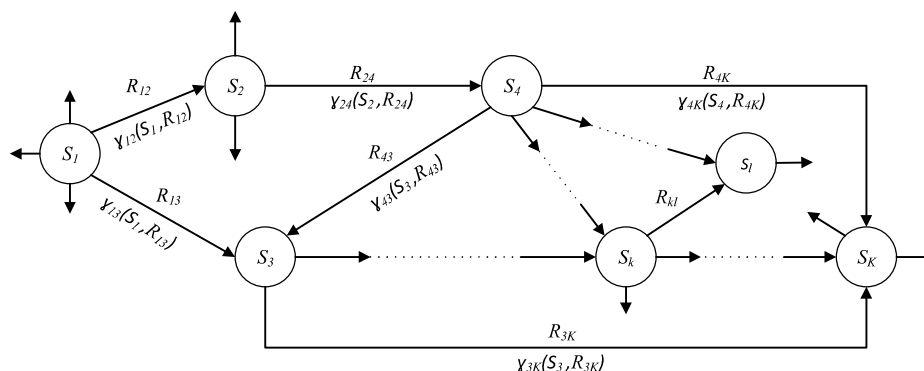


Рисунок 1 - Нечеткая ситуационная сеть

Следует отметить, что как база знаний данной предметной области, так и ситуационная сеть, носят эволюционный характер и периодически обновляются как при появлении новой «штатной» ситуации (фактически это отработанный экспертами вариант возникшей «нештатной» ситуации), так и новыми требованиями к работе ГИС.

Таким образом, построенная на основе базы знаний данной предметной области и условий работы ГИС нечеткая ситуационная сеть представляет собой нечеткий ориентированный граф, вершины которого соответствуют существующим «штатным» нечетким ситуациям, дуги взвешены возможными решениями, необходимые для перехода по ситуациям, и степенями предпочтения этих решений.

Степени предпочтения решений в каждой ситуации либо неизменны и определяются экспертным опросом, либо некоторым образом зависят от ситуации и определяются предпочтительным решением в данной ситуации. Управляющее решение, соответствующее текущему состоянию, представляет собою последовательность решений необходимых для перехода от текущей ситуации к заданной целевой ситуации по «оптимальному маршруту» в нечеткой ситуационной сети. В качестве предпочтений решений в случае ГИС может выступать критерий минимизации энергетических затрат. Тогда «оптимальный маршрут» заключается в минимизации суммарных энергетических при переходе по данному маршруту. В этом случае можно использовать метод динамического программирования.

Таким образом, вывод решения разбивается на постановку цели (целевой ситуации) и построение стратегии управления, соответствующей оптимальному переводу ГИС в целевое состояние.

Такой вывод решения, справедлив, если текущая ситуация может быть включена в одну из «штатных» ситуаций. В противном случае, если в процессе функционирования ИСППР текущая ситуация имеет степень нечёткого включения меньше t_{min} в формуле (4), то такая «нештатная» ситуация представляется экспертам для приведения её в ранг «штатных» и формирования вариантов переходов ситуаций. Таким образом, корректируется существующая нечёткая ситуационная сеть, чем и обеспечивается её эволюция.

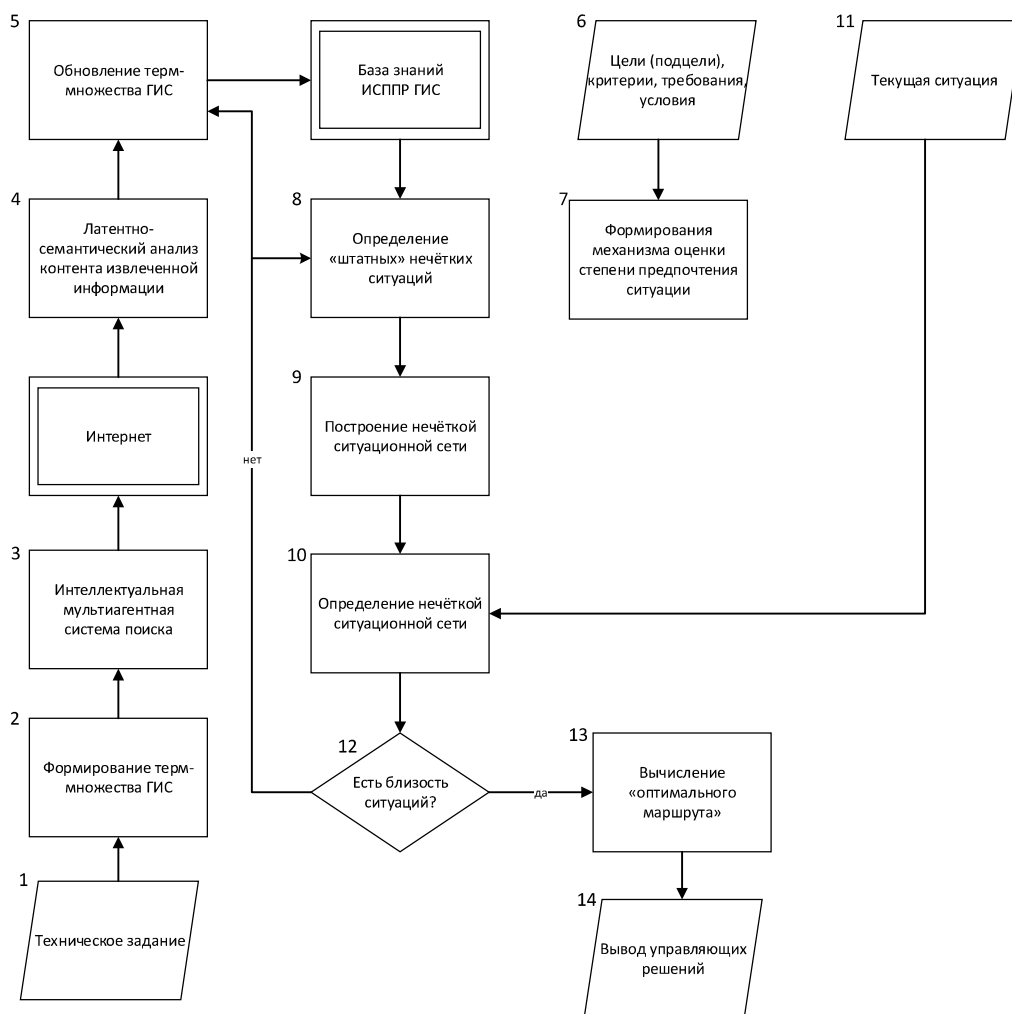


Рисунок 2 - Блок-схема работы ИСППР ГИС

На рис. 2. приведена блок-схема работы ИСППР ГИС, содержащая основные модули программного обеспечения. До момента основной работы ИСППР ГИС проводится формирование базы знаний БЗ ГИС. Следует ещё раз отметить, что БЗ ГИС носит эволюционный характер и периодически обновляется либо с появившейся новой информацией в этой предметной области, либо с появлением новых ситуаций при управлении ГИС. Формирование БЗ ГИС проводится сле-

дующим образом. На основе технического задания (блок 1) в блоке 2 реализуется программный модуль формирования терм-множества предметной области на основе определённых согласно работе авторов [7] дескрипторов данной предметной области, т.е. ГИС. Из выбранной совокупности дескрипторов отбираются наиболее значимые и передаются в блок 3, где используются в программном модуле интеллектуальной мультиагентной системы поиска информации в Интернет для накопления базы знаний ГИС. Полученный из Интернет контент информации БЗ ГИС поступает в блок 4, который на основе латентно-семантического анализа формирует наиболее значимый контент в соответствии с поставленной целью и условиями работы ГИС, после чего в блоке 5 формируются новые элементы терм-множества и заносятся в БЗ ГИС.

Далее мы строим нечёткую ситуационную сеть данной предметной области, т.е. ГИС. Для этого из БЗ ГИС извлекаем множество «штатных» нечётких ситуаций, для которых на основе информации о целях/подцелях работы ГИС, критериев работы и требований к программному обеспечению (блок 6) с помощью программного модуля блока 7 на основе предложенного авторами в работе [8] метода ПРОБА, определяются возможные переходы между ситуациями с определением их степеней предпочтения (блок 8). В результате в блоке 9 строится нечёткая ситуационная сеть, представляющая собой нечёткий ориентированный взвешенный граф. В блоке 10 формируется механизм определения степени включения нечётких ситуаций. Нечёткая ситуационная сеть, как и БЗ ГИС периодически обновляется с появлением новой информации, уточнением целей, критериев и появлением «нештатных» ситуаций, отсутствующих в БЗ ГИС, т.е. фактически происходит обучение ИСППР ГИС.

После сказанных выше действий ИСППР ГИС можно использовать как эффективный интеллектуальный инструмент принятия решений при управлении ГИС, и, в то же время, как основу создания инновационного программного продукта в данной предметной области. Практическая работа ИСППР заключается в следующем. Из блока 11 в ИСППР ГИС поступает информация о текущей ситуации ГИС. С помощью блоков 10 и 12 определяется близость текущей ситуации к имеющемуся «штатным». Если «Да», то с помощью программного модуля блока 13 определяем «оптимальный маршрут» и выводим его с

помощью блока 14 диспетчеру на пульт управления. Если «Нет», то текущая «нештатная ситуация» обрабатывается экспертами, переводится в «штатную» и вносится в нечёткую ситуационную сеть, меняя её конфигурацию, т.е. происходит дообучение.

Следует отметить, что принципы построения таких ИСППР универсальны и для других предметных областей и могут служить мощным стимулом создания интеллектуальных информационных технологий разработки инновационных программных продуктов предметных областей.

Заключение

В работе предложена, интеллектуальная система поддержки принятия решений при управлении работой городских инженерных сетей, построенная на основе нечёткого ситуационного управления. Предложенный подход позволяет формализовать возникающие в процессе работы ситуации с помощью теории нечётких множеств с ранжированием возможных управляющих воздействий. Кроме того, предложенная интеллектуальная информационно-управляющая система является эффективным инструментом разработки инновационных методов и программных продуктов их реализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузин Е. С. Информационно сложные задачи и технология их решения / Е. С. Кузин. // Новости искусственного интеллекта. – 2003. – №1. – С. 24-29.
2. Мелихов А. Н. Ситуационные советующие системы с нечёткой логикой / А.Н. Мелихов, Л.С. Бернштейн, С.Я. Коровин. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
3. Бодров В. И. Математические методы принятия решений / В.И. Бодров, Т. Я. Лазарева, Ю. Ф. Мартемьянов. – Таганрог: ТГТУ, 2004. – 124 с.
4. Трахтенгерц Э. А. Компьютерная поддержка решений / Э. А. Трахтенгерц. – М: Наука, 1998. – 376 с.
5. Нечёткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / [А. Н. Аверкин, И. З. Батыршин, А. Ф. Блишун, В. Б. Силов, В. Б. Тарасов]. – М: Наука, 1986. – 312 с.
6. Чекинов Г.П. Применение ситуационного управления в информационной поддержке принятия решений при проектировании организационно-технических систем // Г.П. Чекинов, А.Л. Куляница, В.В. Бондаренко// Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2003.
7. Латентно-семантический метод извлечения информации из Интернет ресурсов / А. А. Стенин, Ю. А. Тимошин, Е. Ю. Мелкумян, В. В. Курбанов. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – №4(9). – С. 19-22.
8. Автоматизация процесса принятия инновационных решений в социотехнических системах / А. А. Стенин, М. М. Ткач, В. П. Пасько, А. Н. Губский // Проблемы информационных технологий. – 2016. – №19. – С. 51-57.