

Когнитивная визуализация в гибридной интеллектуальной системе контроллинга рисков

В. М. Черненький, В. И. Терехов, М. А. Скворцова, И. М. Черненький

Московский государственный технический университет им. Баумана
magavrilova@bmstu.ru

Аннотация. Разрабатываемые в настоящее время гибридные интеллектуальные системы, использующие комбинацию традиционных методов обработки данных и интеллектуальных методов, способны проанализировать и оценить существующие риски во всех сферах деятельности человека. В статье показано, какую положительную роль может сыграть когнитивная компьютерная визуализация, как средство активизации механизмов наглядно-образного мышления лица, принимающего решение в задачах контроллинга интегрального показателя рисков. Показана сущность метода анаморфирования, заключающаяся в переходе от одного визуального образа, построенного на основе евклидовой метрики, к другому визуальному образу, в основе которого лежит количественная метрика выбранного риска. Разобрана математическая формулировка метода динамического метаанаморфирования. Приведены достоинства построенных метаанаморфоз в составе ГИС контроллинга рисков. Проанализирована задача вычисления интегрального показателя риска, объединяющего риски различных сфер деятельности и визуализаций, построенных на этой основе. Сделаны выводы относительно построения гибридной модели на основе метода анализа иерархий и метода динамического метаанаморфирования. Определены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: *риск; контроллинг; когнитивная визуализация; анаморфирование; динамическая метаанаморфоза; нейронная сеть; символьная регрессия; генетическое программирование; метод анализа иерархий*

I. ВВЕДЕНИЕ

В последние годы интенсивно развивается рынок гибридных интеллектуальных систем (ГИС) различного функционала, в том числе ГИС контроллинга рисков, так как они наиболее полно используют преимущества различных методов и преодолевают присущие им недостатки. Кроме того, ГИС позволяют эффективно обрабатывать формализуемые и неформализуемые знания за счёт интеграции, как традиционных методов обработки данных, так и методов искусственного интеллекта – экспертных и нечётких методов, искусственных нейронных сетей, генетических алгоритмов и т. д.

II. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

А. Теоретические аспекты безопасности и контроллинга рисков

Одной из наиболее обсуждаемых тем в настоящее время в России и мире является тема глобализации и безопасности экономических, политических и культурных процессов, в том числе и контроллинга рисков возникновения этих процессов. Суть этих процессов заключается в нарастающей унификации информационных, коммуникационных технологий, способов принятия решений, в формировании единых стереотипов мышления и поведения субъектов, действующих в экономическом, социальном, информационном и культурном пространстве. Объектами повышенного внимания являются религии, идеологии, системы стандартов и международных договоров, национальные и региональные валюты и т.п. В связи с быстро меняющейся мировой обстановкой, роль государства в безопасности страны становится размытой, так как на эти процессы начинают влиять большое количество факторов, которые государство не способно быстро отследить и изменить. Подробно рассматривая, каждый процесс и области, в которой он происходит, можно сформировать список рисков, которые могут привести к негативной или критической ситуации [1–4].

В этих условиях особый интерес вызывает исследование ГИС, которые способны комплексно проанализировать и оценить существующие риски в наиболее критичных сферах деятельности человека (государственной, военной, политической, экономической, социальной, информационной, техногенной, экологической и т.д.), сформировать сценарии развития событий в сложившейся ситуации и дать рекомендации о мерах защиты. Будем называть такие гибридные интеллектуальные системы – ГИС контроллинга рисков, где под риском понимается сочетание вероятности нанесения ущерба и тяжести этого ущерба, а под контроллингом риска – информационно-аналитическая поддержка процессов принятия решений при оценке существующих рисков в наиболее критичных сферах деятельности человека. При этом анализом риска является систематическое использование полученной из всех доступных источников информации для выявления опасностей и количественной оценки риска, а допустимым

риском – риск, который в данной ситуации считают приемлемым при существующих общественных ценностях [1, 3].

В. Описание модуля «Интеллектуальный анализ данных» в контроллинге рисков

Обобщённая структура ГИС оценки рисков и функции входящих в ее структуру модулей подробно рассматривалась в [5]. Особенность структуры модуля «Интеллектуального анализа данных» рассматриваемой ГИС контроллинга рисков состоит в том, что в своей работе он использует один из методов когнитивной визуализации, а именно метод динамической метаанаморфозы. При этом когнитивная визуализация, определяется как методы визуализации данных, позволяющие активировать наглядно-образные механизмы мышления лица, принимающего решение (ЛПР) и облегчающие решение сложной проблемы [5, 6].

Выбор метода обуславливается тем, что он ведет к резкому упрощению и ускорению времени комплексного анализа и оценки рисков ЛПР в наиболее критичных сферах деятельности человека и может применяться в ГИС контроллинга рисков, как одна из методик метода анализа иерархий, который помогает определить оптимальное решение в сложившейся ситуации.

С. Метод динамической метаанаморфозы

В основе метода лежит понятие анаморфозы, которая определяется как преобразование одного визуального образа, построенного на основе евклидовой метрики, в другой визуальный образ, в основе которого лежит метрика выбранного показателя (риска) [7–10].

В самом общем виде работу метода можно показать следующим образом. На рис. 1 показан фрагмент карты местности с нанесенной на нее квадратной сеткой, каждой ячейке которой соответствует некоторый показатель риска (рис. 1а) и соответствующая ей матрица риска (рис. 1б).

Матрицу риска [10–11] можно представить в виде трехмерной матрицы (рис. 2а), где высота каждого столбца соответствует значению риска в каждой ячейке исходной матрицы (рис. 2б).

Тогда операцию анаморфирования можно представить, как «надавливание» на верхнюю сторону матрицы до уровня, который равен среднему значению риска по всей матрице (в конкретном случае $r_{mean} = 5,52$).

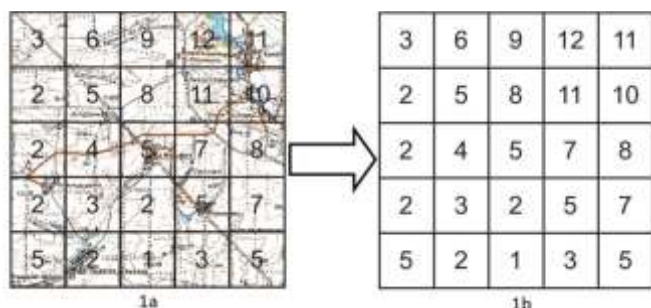


Рис. 1. Матрица риска

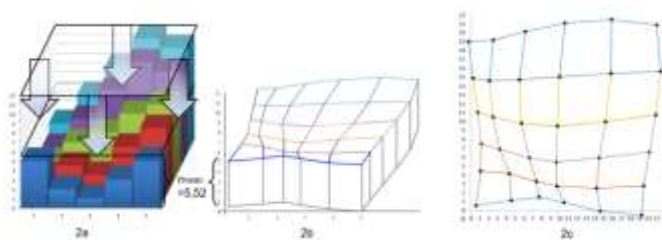


Рис. 2. Анаморфоза трехмерной матрицы риска

Это приводит к тому, что столбцы, оказавшиеся выше r_{mean} , уменьшаются до этого значения, увеличивая свою площадь, а столбцы, оказавшиеся ниже среднего значения проходимости, «подтягиваются» до уровня r_{mean} , уменьшая свою площадь (рис. 2б). Результатом операции является матрица (рис. 2с), в которой показатели риска во всех ячейках одинаковы и равны среднему значению r_{mean} , что даёт возможность проводить визуальное моделирование решения в линейном пространстве выбранного показателя риска.

Динамической метаанаморфозой называется анаморфоза, которая строится на основе интегрального показателя риска, при том, что каждый из рисков, входящий в интегральный показатель, изменяется во времени [9–11].

Рассмотрим математическую постановку задачи работы алгоритма анаморфирования, исходя из следующих соображений.

Пусть D – область на плоскости R^2 (площадная фигура, построенная на основе выбранного риска), которая должна быть анаморфирована. При этом распределение риска описывается функцией $p(z)$, определенной априори на части D плоскости ($z = (x, y)$ – точка на плоскости R^2). Без потери общности можно полагать, что функция $p(z)$ определена на всей плоскости R^2 . Для этого можно определить ее как постоянную вне области D (среднее значение \bar{p} функции $p(z)$ по области D). Тогда анаморфоза задается преобразованием

$$h: R^2 \rightarrow R^2 (h: (x, y) \mapsto (u, v))$$

или функциями $U(x, y)$ и $V(x, y)$, где $u = U(x, y)$, $v = V(x, y)$ непрерывные, взаимно-однозначные функции.

Преобразование h изменяет площадь в окрестности точки (x, y) с коэффициентом

$$J = J(U, V) = \frac{\partial u}{\partial x} \cdot \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial u}{\partial y} \cdot \frac{\partial v}{\partial x}.$$

Условие $p(x, y) = \bar{p} = const$ может быть записано как $J(U, V) = p(x, y)/\bar{p}$.

Тогда, задача нахождения анаморфозы сводится к решению уравнения

$$\frac{\partial u}{\partial x} \cdot \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial u}{\partial y} \cdot \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{p(x, y)}{\bar{p}},$$

для которого $[U(x, y), V(x, y)]$ определяет взаимно однозначное преобразование [7].

В результате этого преобразования каждая площадная

фигура деформируется в соответствии с заданной функцией, что ведет к изменению общего вида всей области D .

При построении анаморфоз встречается ряд трудностей, преодоление которых подробно изложено в [7–9].

Алгоритм анаморфирования представляет собой итерационный процесс, который прекращается, когда относительные отклонения площадей всех фигур N становятся меньше заранее заданной величины погрешности ε .

Так как при своей работе алгоритм анаморфирования предполагает представление каждой ячейки в виде круга площади $\tilde{s}_i = P_i/\bar{p}$ [6], то появляется возможность работы с матрицей интегрального риска, которая учитывает множество рисков, представляющих собой критерии решения поставленной задачи. В такой матрице интегральная площадь каждой ячейки будет определяться как

$$\tilde{s}_{i\text{int}} = (\tilde{s}_{i1} + \tilde{s}_{i2} + \dots + \tilde{s}_{iR})/R,$$

где R – количество рассматриваемых рисков (рис. 3).

При этом голубые области на анаморфозах матриц показателей рисков 1–3 соответствуют тем областям карты, где риск выше допустимого, а на метаанаморфозе матрицы интегрального риска – тем областям карты, где значение интегрального риска выше допустимого. В целях упрощения рис. 1 на нем не показана карта-положка, на основе которой рассчитывались матрицы рисков 1–3.

Такой подход позволяет перейти от расчетов анаморфозы, работающей с одной матрицей локальных рисков, к метаанаморфозе, работающей с матрицей интегрального риска.

В ходе исследований в [9] был предложен вариант модифицированного алгоритма анаморфирования, в расчетной части которого используется искусственная нейронная сеть с одним скрытым слоем, позволяющая значительно сократить время работы алгоритма при допустимой потере точности вычислений. В [9] приведен способ представления рисков в виде временных рядов и их прогнозирования с использованием символьной регрессии, которая является методом построения регрессионных моделей путем перебора различных произвольных суперпозиций функций из заданного набора. Реализация символьной регрессии предполагает генерацию формулы в виде синтаксического дерева, с использованием метода генетического программирования (частного случая генетического алгоритма, работающего с синтаксическими деревьями переменной длины).

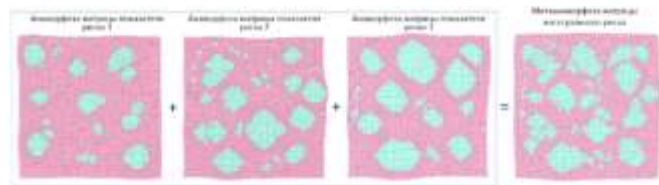


Рис. 3. 3. Метаанаморфоза матрицы интегрального риска

Проведенная работа показала, что очевидными достоинствами динамической метаанаморфозы по решению задачи анализа, оценки и контроллинга рисков в наиболее критичных сферах деятельности человека являются:

- уменьшение размерности задачи на количество локальных рисков, свернутых в интегральный показатель анаморфирования;
- возможность визуального моделирования вариантов решения, с учетом изменяющихся во времени локального/интегрального риска, что позволяет определять негативные/позитивные тенденции в изменении заданных рисков и предложить качественные и количественные меры по их нейтрализации до установленных значений;
- выявление скрытых закономерностей поведения во времени различных параметров решаемой задачи, неявным образом зависящих от интегрального показателя риска;
- возможность построения сценариев действий ЛПР основе визуального пространственно-временного анализа динамической метаанаморфозы, учитывающие процессы, связанные с быстрой эволюцией локального или интегрального риска.

III. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Программная реализация рассмотренного алгоритма позволила получить метаанаморфозу на основе интегрального показателя анаморфирования. В качестве интегрального показателя были взяты следующие карты рисков: пожарной опасности и природных условий для жизни человека [11–14]. На рис. 4 показана метаанаморфоза, построенная на основе интегрального риска, на которой чем темнее закрашенная ячейка, тем выше в ней интегральный показатель риска.

Анализ полученной метаанаморфозы позволяет определить, области максимальных и допустимых значений интегрального риска и принимать решения по его предотвращению в однородном линейном пространстве этого интегрального риска.

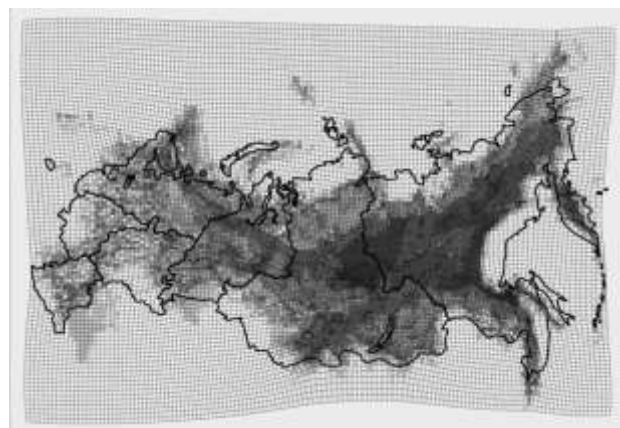


Рис. 4. Метаанаморфоза интегрального риска паводков и наводнений, пожарной опасности и природных условий для жизни человека

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований был разработан метод динамической метаанаморфозы, работающий на заключительном этапе ГИС контроллинга рисков и позволяющий значительно упростить и ускорить время решения задачи комплексного анализа и оценки рисков в критичных сферах деятельности человека.

Метод, работающий в реальном режиме времени, обладает следующими очевидными достоинствами:

- уменьшение размерности решаемой задачи на количество локальных рисков в критичных сферах деятельности человека, свернутых в интегральный показатель анаморфирования;
- возможность расчета анаморфозы на основе интегрального показателя риска и принятие решения в однородном линейном пространстве этого интегрального показателя;
- анаморфирование исходных значений показателей рисков по любому заранее заданному порогу, позволяющее выявить те области, где интегральный показатель риска выше/ниже заранее заданного порога;
- возможность визуального моделирования вариантов решения, с учетом изменяющихся во времени локального/интегрального риска, что позволяет определять негативные/позитивные тенденции в изменении заданных рисков и предложить качественные и количественные меры по их снижению до установленных значений;
- выявление скрытых временных закономерностей поведения различных параметров решаемой задачи, неявным образом зависящих от интегрального показателя риска;
- построение и анализ сценариев развития событий и действий ЛПР, связанных с динамическим изменением интегрального показателя риска во времени.

Направлениями дальнейшей работы могут являться исследования:

- метода динамического анаморфирования для визуализации потоков больших данных и поддержки принятия решений, позволяющего получать и анализировать сценарии развития рисков во времени, определяемых методиками оценки ситуаций, с которыми работает ЛПР;
- по представлению интегрального показателя рисков в различных задачах анализа и оценки показателей риска в наиболее критичных сферах деятельности человека;
- различных нейросетевых реализаций алгоритма динамической метаанаморфозы;
- по дальнейшему совершенствованию прогнозирования временного ряда показателей

риска с использованием методов генетического программирования;

- сохранение сценариев развития событий и принятие по ним соответствующих решений с целью построения подсистемы ситуационного управления рисками;
- создания гибридной модели, объединяющей результаты работы метода анализа иерархий, который может получить рейтинг рисков, выраженных количественной оценкой и метода динамической метаанаморфозы, который сможет учитывать этот рейтинг в интегральном показателе рисков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Чечкин А.В. Интеллектуальная информационная система на основе радикального моделирования как инструментальное средство обеспечения комплексного развития // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2015. №5. С. 7-13.
- [2] SIPRI Yearbook 2017: Armaments, Disarmament and International Security // Oxford University Press. [Online]. Available: <https://www.sipri.org/sites/default/files/2017-09/yb17-summary-eng.pdf> (дата обращения 25.03.2018).
- [3] Skvortsova M., Grout V. Basic approaches to assessing risks and threats in decision support systems // 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). 2018. С. 1563-1566. DOI: 10.1109/EIConRus.2018.8317397
- [4] Chernenkiy V., Gapanyuk Yu., Nardid A., Skvortsova M., Gushcha A., Fedorenko Y., Picking R. Using the metagraph approach for addressing RDF knowledge representation limitations. // Internet Technologies and Applications (ITA). 2017. С. 47-52. DOI: 10.1109/ITECHA.2017.8101909.
- [5] Skvortsova M., Terekhov V., Grout V. Hybrid Intelligent System for Risk Assessment based on Unstructured Data. // Proceedings of the 2017 IEEE Russia Section Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference, EIConRus 2017. С. 560-564. DOI: 10.1109/EIConRus.2017.7910616.
- [6] Пролетарский А.В., Березкин Д.В., Гапанюк Ю.Е., Козлов И.А., Попов А.Ю., Самарев Р.С., Терехов В.И. Методы ситуационного анализа и графической визуализации потоков больших данных. // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение». 2018. №2. С. 98-123.
- [7] Гусейн-Заде С. М., Тикунов В. С. Анаморфозы: что это такое. М.: Эдиториал УрСС, 2008. С. 59-63.
- [8] Терехов В. И., Черненький И. М. Разработка варианта принятия решения с помощью метода анаморфирования // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2016. Т.14. №12. С. 132-139.
- [9] Березкин Д. В., Терехов В. И. Применение метода анаморфирования для моделирования и оценки изменений геополитических границ // Искусственный интеллект и принятие решений. 2017. №3. С. 3-9.
- [10] Saaty T.L. Decision making with the analytic hierarchy process // Services Sciences. 2008. Т.1. №1. С. 83-98.
- [11] Garvey P., Lansdowne Z. F., Risk matrix: an approach for identifying, assessing, and ranking program risk // Air Force journal of logistics. 2002. Т.22. №1. С. 18.
- [12] Горбачев В.В., Подрезов Ю.В. Опасность лесных пожаров [Электронный ресурс]. URL: <https://refdb.ru/images/1159/2316432/m71f7bae0.jpg> (дата обращения 25.03.2018).
- [13] Районирование территории России по природным условиям для жизни населения [Электронный ресурс]. URL: <http://undergroundexpert.info/wp-content/uploads/2017/11/climat-rossia-768x476.png> (дата обращения 25.03.2018).
- [14] Официальный сайт Worldmapper [Электронный ресурс]. URL: <https://worldmapper.org/> (дата обращения 25.03.2018).