

## КОГНИТИВНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ОБЪЯСНИТЕЛЬНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТНОЙ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ЛОГИСТИКИ

Горохов В. Л.<sup>1</sup>, доктор техн. наук, профессор, ✉ [vlgorokhov@etu.ru](mailto:vlgorokhov@etu.ru)  
Брусакова И. А.<sup>1</sup>, доктор техн. наук, профессор, [brusakova@gmail.com](mailto:brusakova@gmail.com)  
Кожухов С. О.<sup>1</sup>, аспирант, [koguhov@gmail.com](mailto:koguhov@gmail.com)

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им. В. И. Ульянова (Ленина), ул. Профессора Попова, 5, корп. 3, 197022, Санкт-Петербург, Россия

### Аннотация

В преддверии перехода к цифровым системам логистики происходит экспоненциальный рост использования систем искусственного интеллекта. Этот рост наиболее заметен в сфере анализа логистических процессов. Однако с усложнением алгоритмов работы возможности пользователя по контролю за принятием решения в логистике значительно снижаются, что сказывается на доверии к получаемому результату, которое критически важно в логистике. Повысить прозрачность в работе систем искусственного интеллекта при анализе логистических явлений призвано применение методов объяснительного искусственного интеллекта. В нашем исследовании представлен один из когнитивных инструментов в спектре методов объяснительного искусственного интеллекта для анализа логистических процессов, а также рассмотрены потенциально перспективные подходы к совершенствованию этой технологии.

Однако несмотря на то, что технологии искусственного интеллекта имеют огромный потенциал, усложнение этих систем сказывается на доверии к технологии. Особенно это заметно в сферах, где от правильности решения зависит техносферная и логистическая безопасность. Выходом из этой непростой ситуации становится применение объяснительного искусственного интеллекта (*eXplainable Artificial Intelligence (XAI)*). В данной работе в качестве такой объясняющей технологии предлагается когнитивное динамическое проецирование SW.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, объяснительный искусственный интеллект, объяснимость, нейронные сети, искусственные нейронные сети, логистика.

**Цитирование:** Горохов В. Л., Брусакова И. А., Кожухов С. О. Когнитивные инструменты объяснительного искусственного интеллекта для задач транспортной и образовательной логистики // Компьютерные инструменты в образовании. 2023. № 2. С. 30–40. doi:10.32603/2071-2340-2023-2-30-40

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблемы предупреждения и прогноза логистических сбоев как техносферных катастроф в газонефтяной отрасли являются весьма актуальными [1]. На-

рушения логистических связей также опасны и для организации образовательных процессов [2].

Специалисты многих отраслей экономики предпринимают беспрецедентные меры по логистическому мониторингу. Объемы данных такого мониторинга составляют терабайтные массивы и потенциально весьма информативны. Однако и возможности заблаговременного прогноза срывов поставок как техногенных аварий, благодаря прогрессу информационных технологий, системному анализу и накопленным данным мониторинга, многократно возросли. Остается только активно внедрять последние достижения IT технологий в эту сферу. Особо следует отметить успехи в области технологии искусственного интеллекта и когнитивных технологий визуализации многомерных данных [3, 4].

Однако несмотря на то, что технологии искусственного интеллекта (ИИ) имеют огромный потенциал, усложнение этих систем сказывается на доверии к технологии ИИ. Особенно это заметно в сферах, где от правильности решения зависит техносферная, информационная и логистическая безопасность. Выходом из этой непростой ситуации становится применение объяснительного искусственного интеллекта (eXplainable Artificial Intelligence (XAI) [3].

Говоря об XAI, мы имеем в виду «объяснимость» (*explainability*) как способность когнитивной модели представить результат работы в виде понятного пользователю интерфейса. В то же время под применением искусственного интеллекта в логистике понимается применение систем, основанных на машинном обучении (ML-systems) и глубоком обучении (DL-systems). В основе таких систем, как правило, лежат искусственные нейронные сети, которые не обладают свойством прозрачности (*transparency*), поэтому не могут быть понятны априори, без применения методов интерпретации. Искусственные нейронные сети искусственного интеллекта по своей сути являются «чёрным ящиком» (*black-box*), то есть процесс принятия ими решения не ясен, а прозрачен лишь вход и выход сети [3]. Попытки объяснить работу сложных систем велись, начиная с 1970-х годов. Согласно [3] выделяют три этапа развития:

- на первом происходила разработка экспертных систем, использовавших механизм вопросно-ответного интерфейса;
- на втором (середина 1980-х гг.) разрабатывались системы, основанные на знаниях;
- на третьем (с 2017 г. по н. в.) изучаются глубокие архитектуры искусственных нейронных сетей.

Благодаря программе агентства DARPA<sup>1</sup>, стартовавшей в 2017 году, возникла новая волна исследований в этом направлении. В настоящее время тема объяснимости в искусственном интеллекте является одной из самых актуальных. В логистике применение XAI особенно актуально и имеет огромный потенциал. Представляется весьма своевременным использовать методы когнитивной машинной графики для объяснимости искусственного интеллекта. Впервые понятие когнитивной компьютерной графики было введено Зенкиным А. А. [5]. Когнитивная машинная графика позволяет представлять математические структуры и многомерные данные в виде графиков, которые порождают в сознании человека зрелищные образы, способные активизировать его научную интуицию. В дальнейшем эти идеи были развиты в виде алгоритмов динамического проецирования многомерных данных [6, 7]. Практическое применение подобных алгоритмов показало свою эффективность во многих сферах. Поэтому их применение в качестве XAI особенно актуально и имеет огромный потенциал.

<sup>1</sup>DARPA — Defense Advanced Research Projects Agency (Управление перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США), начало работы — 1958 год.

Целью данной работы является применение объясняющей когнитивной технологии на основе алгоритмов динамической визуализации [4] для принятия решений ИИ по логистике поставок объектов Газпрома.

В данной работе объектом мониторинга являются логистические процессы поставок. Данные со значениями контролируемых параметров логистического процесса поступают в информационный центр и хранятся в форме Excel-таблиц. Для каждого клиента поставок измеряется комплекс параметров. Существуют методы их количественного описания средствами многомерной статистики, включая ИИ [3]. Как отмечалось выше, для объяснения результатов ИИ предлагаются методика и средства динамической когнитивной визуализации этих многомерных данных. Суть когнитивной визуализации состоит в том, что можно визуализировать многомерное пространство параметров (характеристик) клиентов. При этом наблюдаемый визуальный образ исходных данных позволяет объяснить пользователю решение, принимаемое ИИ. Объяснение возникает благодаря тому, что когнитивные образы наглядно визуализируют многомерные корреляции (синергетические эффекты) между параметрами объектов мониторинга (клиентов), на основе которых и принимается решение средствами ИИ.

Таким образом, незначительные, но многомерно коррелированные изменения параметров объектов мониторинга являются грозным предвестником логистических аномалий. Именно они и служат материалом для принятия решений средствами ИИ. При этом когнитивная визуализация позволяет наглядно увидеть и, следовательно, объяснить для пользователя результаты работы ИИ. Явление синергии особенно ценно тем, что оно возникает, как правило, задолго до критической ситуации. Поэтому оно особенно полезно при создании технических средств раннего предупреждения аварийных логистических ситуаций.

Подчеркнем, что эти явления синергии выявляются именно благодаря применению многомерного статистического анализа и средств когнитивной визуализации многомерных образов, которые позволяют использовать и объективировать ресурсы человеческого сознания (инженерной интуиции, интенции и т. д.). В данной работе использовались известные программные средства когнитивной визуализации и многомерной статистики (SW, SPSS, MATLAB).

Новизна методики заключается в том, что для объяснения решения ИИ визуализируется многомерная эволюция характеристик совокупности клиентов.

1. При когнитивной визуализации наблюдаются и объективируются многомерные совокупности параметров клиентов логистики («облака точек»), где картина облаков позволяет объяснить классификацию клиентов средствами ИИ.
2. Анализ геометрической структуры каждого облака средствами ИИ позволяет выявлять отдельные многомерные корреляции (многомерные регрессии) группы точек, которые образованы специфическим поведением клиентов, средства когнитивной визуализации многомерных регрессий дают объясняющий эффект.
3. Поскольку наблюдается весь набор объектов мониторинга, можно диагностировать аномальное состояние некоторых объектов по отношению к объектам в штатном состоянии. Штатные объекты по расположению относительно друг друга образуют компактные скопления облаков одинаковой формы. Диагностирование аномальных клиентов осуществляется средствами ИИ, а за счет когнитивной визуализации возникает объясняющий эффект.
4. Количественная объективация многомерных корреляций и зависимостей этих положений возможна средствами многомерной статистики, алгебраической тополо-



плоскость  $Q$ . Получим, соответственно, векторы:  $\bar{e}_1 = (1 - a_1^2, -a_1 a_2, -a_1 a_3, \dots, -a_1 a_P)$ ,  $\bar{e}_2 = (-a_2 a_1, 1 - a_2^2, -a_2 a_3, \dots, -a_2 a_P)$ . Эти векторы неколлинеарны и перпендикулярны вектору нормали  $\bar{n} = (a_1, a_2, \dots, a_j, \dots, a_P)$ , а следовательно, определяют двумерную плоскость проецирования. Но векторы  $\bar{e}_1$  и  $\bar{e}_2$ , во-первых, не единичны, а во-вторых, не ортогональны друг другу. Ортогональные орты задаются следующим образом:

$$1\text{-й орт: } \bar{\mu} = \frac{\bar{e}_1}{|\bar{e}_1|} = \frac{\bar{e}_1}{\sqrt{1 - a_1^2}},$$

$$2\text{-й орт: } \bar{\nu} = \frac{\bar{\psi}}{|\bar{\psi}|}, \text{ где } \bar{\psi} = \bar{e}_2 - \xi \cdot \bar{\mu}, \text{ а } \xi = \bar{e}_2 \cdot \bar{\mu}.$$

Теперь, имея единичные взаимоперпендикулярные векторы  $\bar{\mu}$  и  $\bar{\nu}$ , можно задать искомую двумерную проекционную плоскость  $Q$  в  $P$ -мерном пространстве. А следовательно, мы получаем возможность спроецировать на  $Q$  любую точку из многомерного пространства  $R^P$ .

Таким образом, для каждого многомерного объекта координаты точки его проекции на двумерную плоскость  $Q$ , заданную ортами  $\bar{\mu}$  и  $\bar{\nu}$ , вычисляются следующим образом:

$$X_{\text{pr}} = \sum_{j=1}^P \mu_j \cdot X_j, \quad Y_{\text{pr}} = \sum_{j=1}^P \nu_j \cdot X_j.$$

где  $X_{\text{pr}}$  и  $Y_{\text{pr}}$  — соответственно координаты точки проекции по оси абсцисс и ординат в плоскости  $Q$ ;  $\mu_j$  и  $\nu_j$  —  $j$ -е составляющие  $P$ -мерных векторов  $\bar{\mu}$  и  $\bar{\nu}$  соответственно;  $X_j$  —  $j$ -й параметр многомерного объекта;  $P$  — число параметров (измерений пространства характеристик). Такого рода координаты и берутся за основу для проецирования всего многомерного облака точек.

Таким образом, если изучается множество объектов, то их можно представить в виде облака  $T$  точек в многомерном пространстве параметров  $R$  (признаков). Конфигурация такого облака несет обширную информацию о наблюдаемых объектах. Форма этого многомерного облака характеризует многомерные связи между различными параметрами для однотипных объектов. Эти связи выражаются в виде многомерных фигур, направление касательных к ним указывает характер и силу статистических связей.

Если исходные объекты разбиваются на различные кластеры (возможно, разные классы), то это отразится на виде многомерного образа как его разбиение на причудливое семейство облаков. Самым важным в описанной схеме является возможность генерации зрительного образа многомерного облака данных, ибо человек не в состоянии, просматривая многомерные таблицы данных, видеть эти многомерные образы. Для этого и были предложены алгоритмы и программы, осуществляющие проецирование этого облака на двумерную гиперплоскость  $Q$ , совпадающую с плоскостью экрана дисплея.

Организация проецирования на плоскость  $Q$  состоит в том, что строится система координат, привязанная к этой плоскости. Величина  $L$  задает проекцию радиус-вектора  $M$   $j$ -точки облака  $T$  на  $Q$ . Изменение положения плоскости  $Q$  осуществляется через изменение направляющих косинусов  $a$ .

Таким образом, можно рассматривать на экране проекцию многомерного облака с любого возможного направления в многомерном пространстве признаков. Более того, можно привести его в циклическое вращательное движение.

Суть когнитивного эффекта состоит в том, что человек воспринимает движущуюся плоскую проекцию как псевдотрехмерный объект, характеризующий многомерный образ в многомерном пространстве. Учитывая тот факт, что пользователь может легко из-

менять направление проецирования, его эмоциональные возможности могут быть легко задействованы для формирования когнитивного многомерного образа. Предварительное масштабирование признаков по осям с помощью порядковых статистик обеспечивает достоверность и робастность этого образа.

Описанное выше проецирование позволяет наблюдать внешние геометрические (и, следовательно, статистические) свойства многомерного образа, но, однако, пользователь нуждается в изучении внутренней структуры многомерного образа. Здесь есть возможность задавать движущиеся в многомерном пространстве гиперплоскости, которые отсекают необходимый участок многомерного пространства. Можно говорить о методах прямой томографии многомерных образов.

После всестороннего качественного изучения зрительных аспектов многомерного образа с помощью перечисленных алгоритмов возникает возможность, используя алгоритмы стандартной машинной графики, раскрасить интересующие пользователя отдельные объекты или группы объектов. Затем можно снова вернуться к динамическому режиму вращения образа с целью проверки интуитивных представлений пользователя о кластерах и связях в многомерных данных.

### 3. ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ КОГНИТИВНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ КАК МЕХАНИЗМА ОБЪЯСНЕНИЙ (ХАИ)

В данной работе используются материалы по конкретной задаче логистического мониторинга клиентов одного из подразделений Газпрома. Данные представлены в виде таблицы Excel (рис. 1).

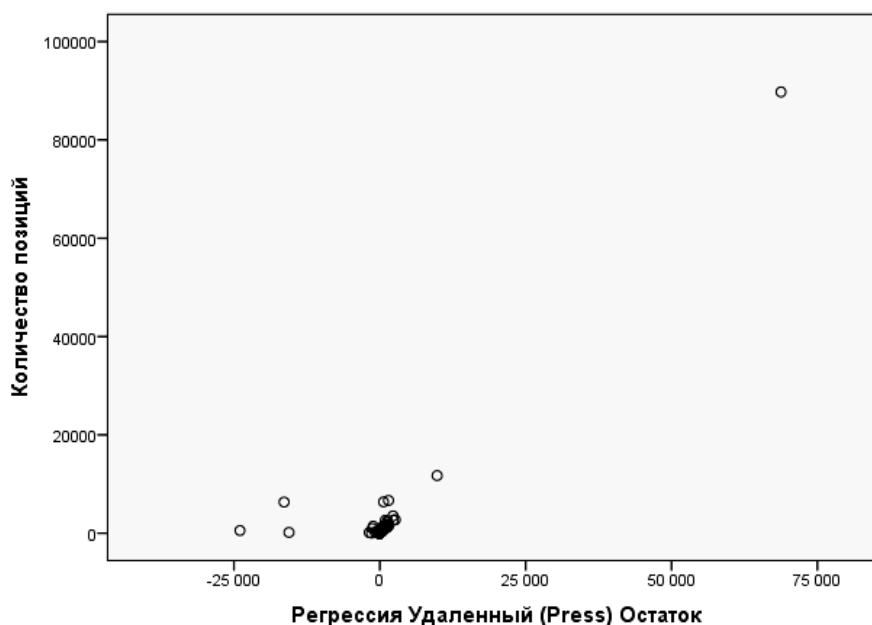
	V1	Количествопозиций	Заявленозакуп	Законтрагованот	Оплаченот	Отгруженот	Неотгруженот	пер
1	СГС ООО (ИНН 6317111261)	6340	22306,0050660000	22305,8500660000	17488,2713246361	17442,9517405901	4863,05332541002	
2	ТМК ПАО	157	23859,4060000000	23859,4060000000	21257,2080000000	21097,2350000000	2762,17100000000	
3	ГАЗПРОМ СТРОЙЭК ООО	3508	2139,5801680000	2132,5788680000	1240,40807921200	1312,67902000000	826,901148000001	
4	НТЗ ТЭМ-ПО АО	135	3098,2590000000	3098,2590000000	2403,65300000000	2403,65300000000	694,606000000000	
5	ТТК-ЕКАТЕРИНБУРГ АО	173	746,854000000000	746,854000000000	318,422000000000	318,378000000000	428,476000000000	
6	АНТ-ИНЖИНИРИНГ ООО	2641	2687,26354200001	2687,26354200001	2328,45438700001	2340,90354200001	346,360000000000	
7	АМИРА АО	88	426,061612000000	426,061612000000	271,262581000000	271,262581000000	154,799031000000	
8	ЭЛСИ СТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ ЗАО	58	132,025750000000	132,025750000000	2,247070000000	,607000000000	131,418750000000	
9	ТТ ООО	27	336,573000000000	336,573000000000	0E-12	212,046000000000	124,527000000000	
10	СТК ЛОДЖИСТИКС ООО	61	125,561887000000	125,561887000000	2,281814000000	2,281814000000	123,280073000000	
11	ГКС ООО НПФ	5	122,780000000000	122,780000000000	16,140000000000	0E-12	122,780000000000	
12	ГАЗСНАБИНВЕСТ ООО	2442	1787,76065800000	1787,76065800000	1678,81754800000	1678,81754800000	108,943110000000	
13	ЭНЕРГОМАШ АО	18	161,132000000000	161,132000000000	96,682976000000	66,316400000000	94,815600000000	
14	СТРОЙПЛАТФОРМА ООО	973	315,842142000000	315,842142000000	264,767518000000	255,597417000000	60,244725000000	
15	ТК ЦЕНТРОСТРОЙ СЕВЕР ООО	833	605,764582000000	605,764581999999	525,937414972672	547,904116000000	57,860466000000	
16	ЭЛЕМЕНТ ОСНОВАНИЯ ООО	57	135,991100000000	135,991100000000	135,991100000000	85,134000000000	50,857100000000	
17	ВМЗ АО	543	26369,0380000000	26369,0380000000	26344,0380000000	26319,2110000000	49,827000000000	
18	БЕЛЭНЕРГОМАШ-БЭЗМ ООО	856	217,551384000000	217,551384000000	192,961764000000	192,381864000000	25,169520000000	
19	КЗЭМИ АО	657	164,699330000000	164,699330000000	142,553864000000	142,553864000000	22,145466000000	
20	АСМ КОМПЛЕКТ ООО	1670	1136,21956300000	1136,21956300000	1136,21956300000	1115,59406300000	20,625500000000	
21	ТД ТМК АО	94	269,446000000000	269,446000000000	264,032000000000	250,453000000000	18,993000000000	
22	ГТС-ЭНЕРГО ООО	12	21,329200000000	21,329200000000	3,415200000000	3,415200000000	17,914000000000	
23	ПКТБА ЗАО	7	15,655000000000	15,655000000000	0E-12	0E-12	15,655000000000	
24	ГАСЗНАК ООО	317	70,803848000000	70,803848000000	70,803848000000	56,499150000000	14,304698000000	
25	БАШМЕТАЛЛСЕРВИС ЗАО	158	54,497360000000	54,497360000000	40,288410000000	40,288410000000	14,208950000000	
26	Газпром автоматизация ПАО	53	62,444200000000	62,444200000000	50,916065000000	50,544200000000	11,900000000000	
27	КТЦ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЯ АО	10	25,901000000000	25,901000000000	23,748000000000	15,250000000000	10,651000000000	
28	КСТ ЭНЕРГО ИНЖИНИРИНГ ООО	380	13,129127000000	13,129127000000	12,955619000000	2,955619000000	10,173508000000	

Рис. 1. Совокупность клиентов и их характеристик

Эти данные были подвергнуты статистическому анализу в рамках среды SPSS. Использовались процедуры многомерного регрессионного анализа: нелинейная регрессия и многослойный перцептрон (нейронная сеть). Средствами когнитивной визуализации SW генерировались когнитивные образы для демонстрации объясняющего эффекта результатов анализа SPSS. Примеры оценок и принятия решений средствами SPSS представлены на рис. 2, 3 и в таблице 1.

**Таблица 1.** Корреляции

		Количество позиций	Законтраковано, т	Оплачено, т	Отгружено, т
Корреляция Пирсона	Количество позиций	1,000	0,138	0,947	1,000
	Законтраковано, т	0,138	1,000	0,133	0,137
	Оплачено, т	0,947	0,133	1,000	0,936
	Отгружено, т	1,000	0,137	0,936	1,000
Знч. (1-сторонняя)	Количество позиций	.	0,018	0,000	0,000
	Законтраковано, т	0,018	.	0,022	0,018
	Оплачено, т	0,000	0,022	.	0,000
	Отгружено, т	0,000	0,018	0,000	.
N	Количество позиций	232	232	232	232
	Законтраковано, т	232	232	232	232
	Оплачено, т	232	232	232	232
	Отгружено, т	232	232	232	232



**Рис. 2.** Регрессионная зависимость количества позиций и оплаты заказов как проекция из многомерного пространства характеристик клиентов

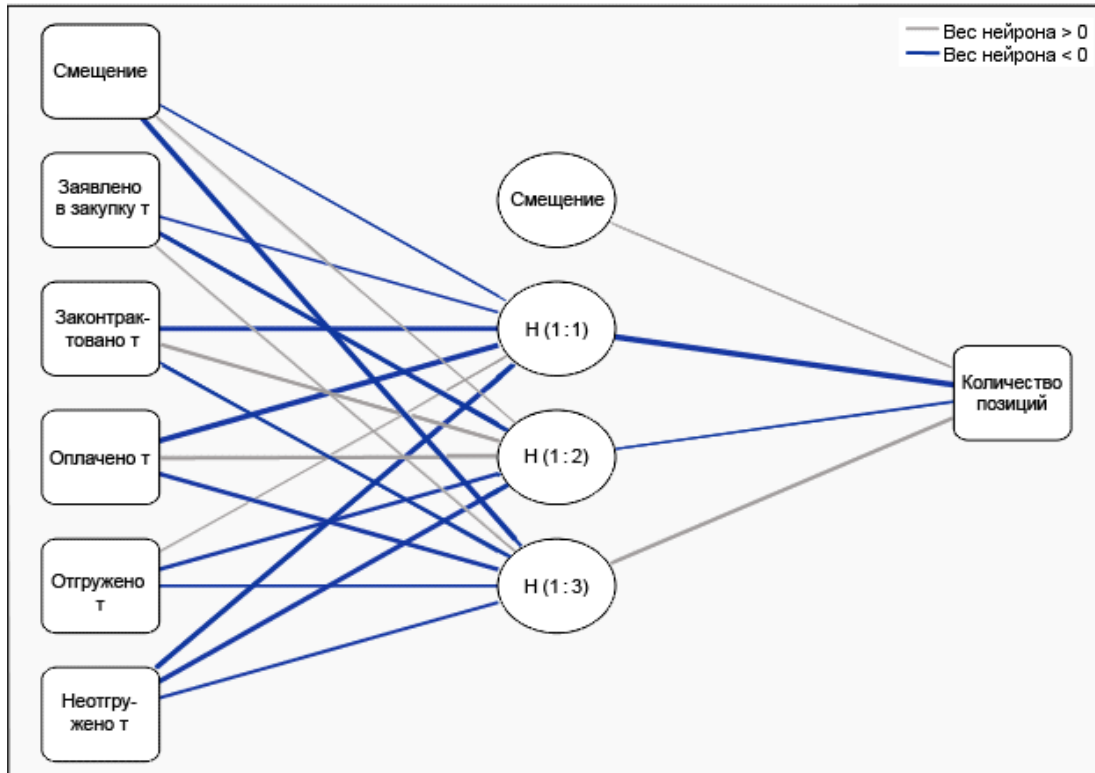


Рис. 3. Результаты работы перцептрона для принятия решений о характеристиках клиентов

В качестве объясняющего инструмента была использована программа когнитивной визуализации SW. Пример результатов использования этой программы показан на рис. 4.

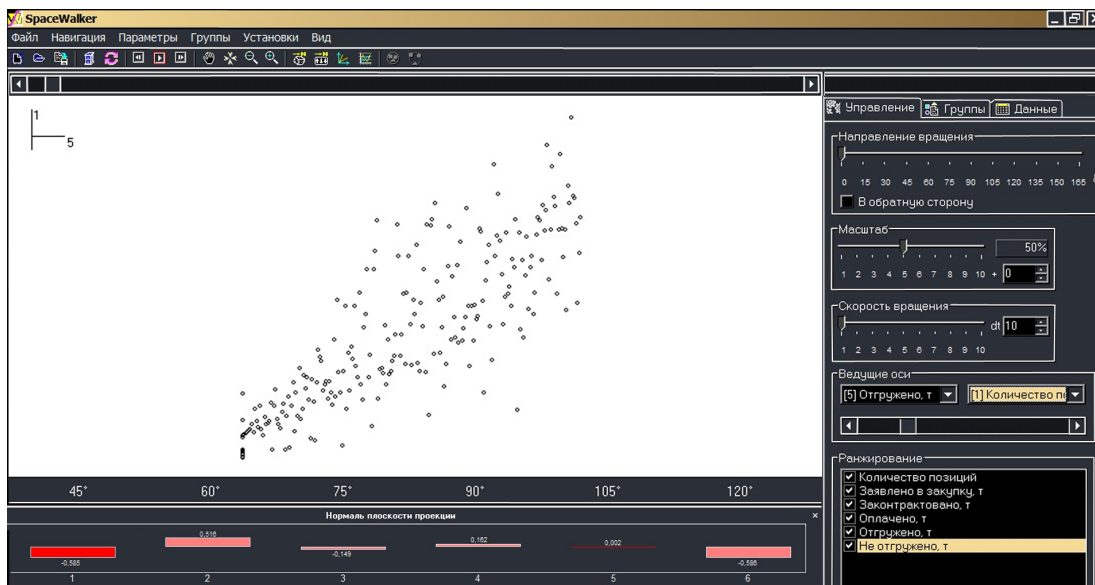


Рис. 4. Когнитивный образ многомерных данных о характеристиках клиентов в проекции «количество заказов — оплаченность заказов»



Как видно из рис. 4, инструмент SW генерирует когнитивный образ многомерных зависимостей характеристик клиентов в проекции на плоскость «количество позиций — оплаченность заказов», что визуально подтверждает (объясняет) результирующую зависимость, полученную средствами SPSS.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практический опыт использования идей когнитивности показал возможность делать конкретные выводы о классификации отдельных клиентов логистического процесса на основе ИИ и дать объясняющий эффект средствами когнитивной визуализации.

Предлагаемые методы и средства когнитивной визуализации многомерных данных мониторинга могут быть использованы для объясняющего эффекта результатов объективных решений ИИ.

Когнитивные инструменты в сочетании с алгоритмами ИИ могут быть эффективно использованы при построении программного обеспечения мониторинга логистических процессов в газонефтяной сфере.

#### Список литературы

1. The United Kingdom Offshore Oil and Gas Industry Association (Oil and Gas UK) // Accident statistics for Offshore Units on the UKCS 1990–2007, 2009. URL: <http://www.oilandgasuk.co.uk/cmsfiles/modules/publications/pdfs/EC024.pdf> (дата обращения: 22.06.2023).
2. Горохов В. Л., Цаплин В. В. Информационно-коммуникационные технологии в ВУЗе, ключевые принципы / Под ред. Дацюк Т. А. // Материалы 1-й Региональной конференции. СПб.: СПбГАСУ. 2012. 109 с.
3. Аверкин А. Н., Ярушев С. А. Обзор исследований в области разработки методов извлечения правил из искусственных нейронных сетей // Известия РАН. Теория и системы управления. 2021. № 6. С. 106–121.
4. Горохов В. Л., Муравьев И. П. Когнитивная машинная графика динамических проекций и робастная сегментация многомерных данных. Методология, методики и интерфейсы. Монография. СПб.: Издательство ИНЖЭКОН. 2007. 173 с.
5. Зенкин А. А. Когнитивная машинная графика / Под ред. Д. А. Поспелова. М.: Наука 1991. 187 с.
6. Gorokhov V., Vitkovskiy V. Cognitive Imaging in Visual Data-Driven Decision-Support Systems // Astronomical Data Analysis Software and Systems (ADASS) XIX, Sapporo, Japan, 4-8 October 2009. 2010. P. 171–175.
7. Vitkovskiy V., Gorokhov V., Komarinskiy S. 'Cognitive 6-D imaginig in visual data-driven decision-support systems //Astronomical Data Analysis Software and Systems (ADASS) XIX, Sapporo, Japan, 4-8 October 2009. 2010. P. 449–452.
8. Горохов В. Л., Адмакин М. Ю., Степанов В. Ю., Журавлев А. А. Опыт 3-D представления когнитивных образов динамического проецирования многомерных данных // Мягкие измерения и вычисления. 2019. № 8(21). С. 42–50.

*Поступила в редакцию 01.06.2023, окончательный вариант — 22.06.2023.*

**Горохов Владимир Леонидович, доктор технических наук, профессор кафедры инновационного менеджмента СПбГЭТУ «ЛЭТИ», ✉ [vlgorokhov@etu.ru](mailto:vlgorokhov@etu.ru)**

**Брусакова Ирина Александровна, доктор технических наук, зав. кафедрой инновационного менеджмента СПбГЭТУ «ЛЭТИ», [brusakova@gmail.com](mailto:brusakova@gmail.com)**

**Кожухов Станислав Олегович, аспирант кафедры Инженерной защиты окружающей среды СПбГЭТУ «ЛЭТИ», [koguhov@gmail.com](mailto:koguhov@gmail.com)**

Computer tools in education, 2023

№ 2: 30–40

<http://cte.eltech.ru>

doi:10.32603/2071-2340-2023-2-30-40

## Cognitive Tools of Explanatory Artificial Intelligence for Problems of Transport and Educational Logistics

Gorokhov V. L.<sup>1</sup>, Doctor sc., Professor, ✉ [vlgorokhov@etu.ru](mailto:vlgorokhov@etu.ru)  
Brusakova I. A.<sup>1</sup>, Doctor sc., Professor, [brusakova@gmail.com](mailto:brusakova@gmail.com)  
Kozhukhov S. O.<sup>1</sup>, Postgraduate, [koguhov@gmail.com](mailto:koguhov@gmail.com)

<sup>1</sup>Saint Petersburg Electrotechnical University,  
5, building 3, st. Professora Popova, 197022, Saint Petersburg, Russia

### Abstract

In anticipation of the transition to digital logistics systems, there is an exponential growth in the use of artificial intelligence systems. This growth is most noticeable in the area of logistics process analysis. However, with the complication of algorithms, the user's ability to control decision-making in logistics is significantly reduced, which affects the credibility of the result, which is critical in logistics. The use of explanatory artificial intelligence methods is called upon to increase transparency in the operation of artificial intelligence (AI) systems in the analysis of logistical phenomena. Our study presents one of the cognitive tools in the spectrum of explanatory artificial intelligence methods for analyzing logistics processes, and also considers potentially promising approaches to improving this technology.

However, despite the fact that artificial intelligence technologies have great potential, the complication of these systems affects the credibility of the technology. This is especially noticeable in areas where technosphere and logistical security depends on the correctness of the decision. The way out of this difficult situation is the use of explanatory artificial intelligence (eXplainable Artificial Intelligence (XAI)). In this work, as such an explanatory technology, we propose cognitive dynamic SW prediction.

**Keywords:** *artificial intelligence, explanatory artificial intelligence, explainability, neural networks, artificial neural networks, logistics.*

**Citation:** V. L. Gorokhov, I. A. Brusakova, and S. O. Kozhukhov, "Cognitive Tools of Explanatory Artificial Intelligence for Problems of Transport and Educational Logistics," *Computer tools in education*, no. 2, pp. 30–40, 2023 (in Russian); doi:10.32603/2071-2340-2023-2-30-40

### References

1. The United Kingdom Offshore Oil and Gas Industry Association (Oil and Gas UK), "Accident statistics for Offshore Units on the UKCS 1990–2007," in [www.oilandgasuk.co.uk](http://www.oilandgasuk.co.uk), 2009. [Online]. Available: <http://www.oilandgasuk.co.uk/cmsfiles/modules/publications/pdfs/EC024.pdf>
2. V. L. Gorokhov and V. V. Tsaplin, "Information and communication technologies at the university, key principles," T. A. Datsyuk ed., in *Materials of the 1st Regional Conference*, Saint Petersburg, Russia: SPbGASU, 2012 (in Russian).
3. A. N. Averkin and S. A. Yarushev, "Review of research in the development of methods for extracting rules from artificial neural networks," *Izvestiya RAN. Theory and Control Systems*, no. 6, pp. 106–121, 2021 (in Russian); doi:10.31857/S0002338821060044

4. V. L. Gorokhov and I. P. Muravyov, *Cognitive machine graphics. dynamic projections and robust segmentation of multidimensional data. Methodology, methods and interfaces*, [Monograph], Saint Petersburg: INGECON Publishing House, 2007 (in Russian).
5. A. A. Zenkin, *Cognitive computer graphics*, D. A. Pospelov, Moscow: Nauka, 1991 (in Russian).
6. V. Gorokhov and V. Vitkovskiy, “Cognitive Imaging in Visual Data-Driven Decision-Support Systems,” in *Astronomical Data Analysis Software and Systems (ADASS) XIX, Sapporo, Japan, 4–8 October 2009*, pp. 171–175, 2010.
7. V. Vitkovskiy, V. Gorokhov, and S. Komarinskiy, “Cognitive 6-D imaginig in visual data-driven decision-support systems,” in *Astronomical Data Analysis Software and Systems (ADASS) XIX, Sapporo, Japan, 4-8 October 2009*, pp. 449–452, 2010.
8. V. L. Gorokhov, M. Yu. Admakin, V. Yu. Stepanov, and A. A. Zhuravlev, “Experience in 3-D representation of cognitive images of dynamic projection of multidimensional data,” *Soft measurements and computing*, no. 8(21), pp. 42–50, 2019 (in Russian).

*Received 01-06-2023, the final version — 22-06-2023.*

**Vladimir Gorokhov, Doctor of Sciences (Tech.), Professor of the Department of Innovation Management, Saint Petersburg Electrotechnical University, ✉ [vlgorokhov@etu.ru](mailto:vlgorokhov@etu.ru)**

**Irina Brusakova, Doctor of Sciences (Tech.), Head of Department of Innovation Management, Saint Petersburg Electrotechnical University, [brusakova@gmail.com](mailto:brusakova@gmail.com)**

**Stanislav Kozhukhov, Postgraduate, Department of Engineering Protection of the Environment, St. Petersburg Electrotechnical University, [koguhov@gmail.com](mailto:koguhov@gmail.com)**