

КОНЦЕПЦИЯ ФРАКТАЛЬНОГО НЕЙРОДИНАМИЧЕСКОГО РОЕВОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЙ ЦИФРОВОГО МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ В СРЕДЕ GISCIENCE

Степановская И.А.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
irstepan@ipu.ru*

Аннотация: В работе описаны основные принципы облачной платформы, которая поддерживает создание специализированных оболочек вычислительного интеллекта для приложений по управлению развитием крупномасштабных систем в среде GIScience.

Ключевые слова: коллаборативное управление; форсайт; вычислительный интеллект; облачная технология; ситуационная осведомленность

Введение

Актуальную проблему проектирования и управления развитием «умных» крупномасштабных систем (КМС) составляет разработка технологий геопространственной картографии на основе цифровой научной географической информатики (geographical information science, GIScience). В отличие от классических геоинформационных систем, среда GIScience предоставляет платформу для разработки инструментальных средств решения «непроцедурно» или «декларативно» поставленных задач сетевого управления, которые предполагают обоснование целей, уточнение проблем и рациональных подходов к их решению.

Среди известных прикладных сервисов GIScience можно отметить следующие:

- Geodin [1] – система услуг картографического экологического аудита подземных вод;
- Hexagon US Federal [2] – система предоставления комплексных геопространственных и технических решений в области Федерального бизнеса США, например, программ авиационного обслуживания, контроля общественной безопасности (защита границ, борьба с терроризмом, защита военных объектов и др.);
- GeoCloud [3] - услуги удаленного доступа к программным продуктам крупнейших мировых разработчиков в области геоинформационных технологий;
- Иннотер [4] – услуги космической съемки с оптико-электронных и радарных спутников дистанционного зондирования Земли, аэрофотосъемки, съемки с беспилотных аппаратов, топографические карты и планы, тематические карты разной направленности, построители цифровых моделей рельефа и местности и др.

В мировой практике инструментальные сервисы моделирования и мониторинга среда GIScience становится критически важным ресурсом государственного управления национального, регионального, отраслевого и др. уровней.

Независимо от прикладной области использования программное обеспечение управленческих приложений в среде GIScience строится как информационно-моделирующая система, используемая для интерпретации данных глобального мониторинга состояния объектов контролируемой географической области в интересах организационного управления, оптимизации крупномасштабных процессов, кибер-физической саморганизации.

Данная работа посвящена разработке фрактально-ориентированной картографии для стандартизации и унификации услуг мониторинга и прогнозирования динамики крупномасштабных процессов пространственного роста и развития, проводимых в формате датацентров и центров компетенций по стратегическому управлению развитием КМС. Основная цель таких исследований – поддержка облачных стандартов самоорганизации коллаборативного управления в формате разработки форсайт-проектов с иерархически детализируемым масштабным разрешением.

1 Концепция использования методов вычислительного интеллекта для форсайт-исследований в среде GIScience

На обобщенном уровне информационная инфраструктура форсайт-исследований определяется востребованными шаблонами картографических ресурсов. Среди таковых можно выделить, как минимум, следующие четыре.

- Карта мировой торговли. Она создает непревзойденный по информационной глубине и алгоритмической универсальности информационный ресурс для форсайт-исследований и стратегического планирования структурного и функционального роста и развития цепочек добавленной стоимости с выводом инновационного товара на мировой рынок.
- Карта пространственной инфраструктуры для «территорий развития», контролируемых в рамках планов дорожной карты форсайт-проекта.
- Карта почвенных покровов, рельефа местности и т.п. для размещения объектов строительства на «территории развития».
- Карта природных ресурсов и охраняемых зон Земли, для проведения предварительного компьютерного экспериментирования и экологического аудита потенциальной антропогенной нагрузки объектов строительства.

Указанные картографические шаблоны в совокупности представляют онтологический образец информационно-моделирующей системы для сетевых форсайт-исследований, проводимых в режиме on-line геопроектирования с иерархически детализируемым пространственным разрешением.

Ключевую идею стандартизации и унификации его эффективной цифровой обработки составляет опора на методы вычислительного интеллекта (Computational intelligence, CI), включая искусственные нейронные сети, эволюционное моделирование, роевой интеллект, фракталы, теория хаоса, вейвлеты и т.д. [6,7], получившие внедрение в практику управления развитием КМС. Об этом свидетельствует следующий ряд работ.

Работы [8-11] раскрывают перспективы фрактального моделирования развития, агломераций, транспортных сетей, регионов, социально-экономического пространства, общественных систем, социальных феноменов и др., а также намечающуюся тенденцию [12] к созданию центров фрактального моделирования. В работах [13,14] развиваются идеи использования предфрактальных графов для систематизированного анализа роста и развития КМС на основе фрактальных размерностей. В работе [15] на примере управления рисками безопасности КМС раскрывается перспективность композирования методов фрактального моделирования с искусственными нейронными сетями в интересах внедрения обучения. Значительный вклад в методологию онтологического моделирования коллаборативного стиля крупномасштабной управленческой деятельности вносят разработки роевого интеллекта. В работах [16-19] рассмотрены современные области внедрения управленческого роевого интеллекта, включая беспилотный транспорт, интеллектуальное управление в распределенных энергосистемах, поисково-спасательные роботизированные комплексы. Они наглядно демонстрируют практически неограниченные возможности онтологического уточнения роевого интеллекта для разнообразных приложений картографического мониторинга объектов, включенных в разнообразные контуры интернет вещей (IoT, IIoT, IwT и др.), требующих оперативного умного ситуационного анализа, прогнозирования и целедостижения. Онтологическая модель гибкого реактивного поведения роевого интеллекта хорошо дополняется известными методами непрерывного цифрового вейвлет-контроля сигнальной информации для упреждения необратимых трансформаций.

Учитывая сверхвысокие требования к реализации вычислительного интеллектуального процесса в режиме реального времени, большую значимость приобретают решения в области его программно-аппаратных ускорителей. Анализ показывает достаточно обширный спектр соответствующих разработок. Значительные интерес представляют следующие направления: облачные операционные системы обработки прикладных облаков (гиперконвергентные платформы), технологии аппаратного обучения [20], гибко масштабируемое хранение неструктурированных данных [21], интеллектуальные анализаторы запросов к информационным ресурсам [22-24].

Приведенный методологический задел позволил сформировать онтологическую модель «фрактального нейродинамического роевого интеллекта», формализующую комплексный метод вычислительного интеллекта для форсайт-геопроектирования и его реализации на специализированном вычислителе. В ее основе лежит понятие предфрактального графа, профиль «развивающейся системы развивающихся систем» (РСРС). Формально профиль РСРС определяется как развивающаяся структура G_k , $k \in \mathbb{N}$, получаемая в результате итеративной замены ребер по стандарту G_0 .

На рис. 1 представлены примеры простейших профилей G_0 .

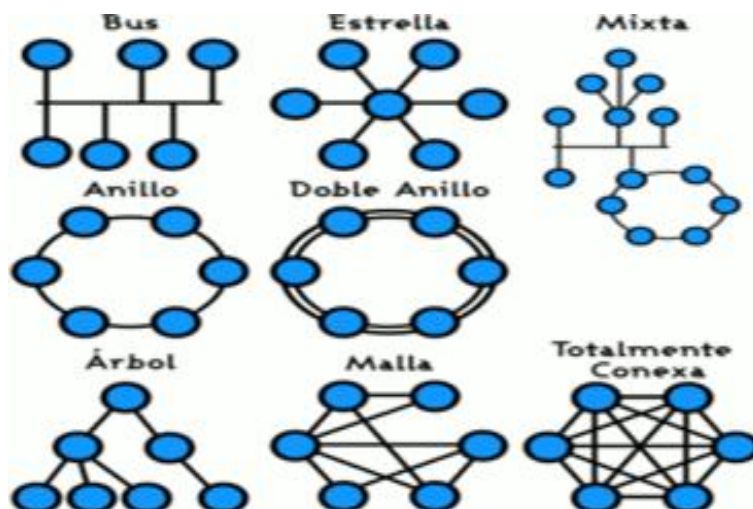


Рис.1 Образцы профилей развития

Представленные образцы позволяют строить как гомогенные, так и гетерогенные профили развития, основанные на композиции образца одного типа или наборы разных образцов соответственно. К числу практически значимых онтологических аспектов РСРС относятся следующие.

- Онтология социальной сети участников форсайт проектов.
- Онтология единой системы целеполагания и распределенной системы целедостижения коллаборативного роевого интеллекта.
- Онтология методов вейвлет-анализа и вейвлет-прогнозирования устойчивых трендов в динамике индикаторов геопространственного роста и развития на разных уровнях масштабирования.
- Онтология обучаемых нейродинамических моделей масштабного роста
- Онтология классификаторов объектов (природных, хозяйственных, информационных, административных и др.), индикаторов, калибровки фазовых переходов динамических процессов (уровней угроз, уязвимостей, синергетических эффектов, уровней интеллекта и др.).

Масштабность информационной базы и алгоритмическая сложность обуславливает необходимость самоорганизации управляемой кодом технологической развертки цепочек инфраструктур данных, ориентированных на соответствующий набор услуг вычислительного интеллекта. Принципиальная схема такого подхода представлена на рис.2.



Рис. 2. Принцип самоорганизации on-line форсайтного геопроессинга

Заключение

Рассмотренный в работе принцип цифровизации крупномасштабного коллаборативного управления стал обобщением практики разработки многосвязной системы услуг управленческой

аналитики федерального и отраслевого уровня. Среди них отметим построитель отраслевой цепочки добавленной стоимости, построитель контроллинга динамики антропогенной нагрузки водопользователей водных бассейнов, контроллинг индикаторов коллаборативности бюджета программно-целевого развития федеральных целевых программ и др.

Литература

1. *Geodin* — <http://www.geodin.com/de>
2. *Hexagon US Federal* — <https://hexagonusfederal.com>
3. *GeoCloud* — <https://gisinfo.ru>
4. *Иннотер* — <https://innoter.com/>
5. Брагин Т.М., Степанов А.М., Степанов М.Ф. Исследование нейросетевого вычислителя интеллектуальной самоорганизующейся системы управления. – Вестник СГТУ. 2014. № 4 (77). С.166-173
6. *Nazmul Siddique, Hojjat Adeli* Computational Intelligence: Synergies of Fuzzy Logic, Neural Networks and Evolutionary Computing. — John Wiley & Sons, 2013.
7. Згуровский М.З., Зайченко Ю.П. Основы вычислительного интеллекта — К.: Изд. «Наукова думка», 2013. 406 с.
8. *Yongmei Lu, Junmei Tang* Fractal dimension of a transportation network and its relationship with urban growth: a study of the Dallas Fort Worth area [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 9 [.http://www.envplan.com/fulltext_temp/0/b3163.pdf](http://www.envplan.com/fulltext_temp/0/b3163.pdf) (дата обращения 1.09.2015).
10. Сурнина Н.М., Шишкина Е.А. Применение фрактального подхода в региональных исследованиях: признаки, критерии и принципы моделирования региональных фракталов- Известия УрГЭУ, 6(50) 2013, с.94-100.
11. Сурнина Н.М., Шишкина Е.А. Исследование особенностей развития социальноэкономического пространства макрорегиона на основе свойств иерархичности и фрактальности // Изв. Урал. гос. экон. ун-та. 2012. №6 (44).
12. Туркин А.А. Фрактальный анализ в рассмотрении общественных систем // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2014. – № 2 (10). – С. 283–288.
13. Жуков Д.С., Канищев В.В., Лямин С.К., Мовчко Ю.И. Центр фрактального моделирования: развитие инструментария для исследования социальных феноменов – Вестник Пермского университета, 2014, выпуск 3(26), с.14-26
14. Кочкаров А. А. Предфрактальные графы в проектировании и анализе сложных структур: препр. ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. 2003 № 10. 23 с.
15. Павлов Д.А. Моделирование крупномасштабной транспортной сети предфрактальными графами – Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017, №1 31, с. 1035-1045. Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар.
16. Нечаев Ю.И. Комплексная онтология нейродинамической системы в современной теории катастроф: структурная и функциональная конфигурация – Онтология проектирования. Научный журнал, 2013, №4, с.18-27
17. Информационно коммуникационные технологии. Роевой интеллект технических систем. - Глобальные технологические тренды. Трендлеттер №13, 2015, Высшая школа экономики. [https://www.hse.ru/data/2015/09/23/1075376078/Trendletter13%20\(19\).pdf](https://www.hse.ru/data/2015/09/23/1075376078/Trendletter13%20(19).pdf)
18. *Dervis Karaboga* An idea based on honey bee swarm for numeral optimization, 2005.
19. *Seyedali Mirjalili, Seyed Mohammad Mirjalili, Andrew Lewis* Grey Wolf Optimizer, 2014.
20. *Водолазский И.А., Егоров А.С., Краснов А.В.* Роевой интеллект и его наиболее распространённые методы реализации // Молодой ученый. — 2017. — №4. — С. 147-153. — URL <https://moluch.ru/archive/138/38900/>
21. Нейронные сети на мемристорах — <https://nplus1.ru/news/2015/05/08/memristors>
22. Флеш-память — https://habr.com/ru/company/dell_emc/blog/330088/
23. Гурин Н. И., Герман О.В. Организация структуры электронной обучающей системы с активным контролем приобретаемых знаний // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. – 2009. – Вып. XVII. –С. 107–110.
24. Грачев А.Н. Интеллектуальные датчики-анализаторы сложных многокомпонентных сред Датчики и системы, 2002.
25. Измерительно-вычислительные комплексы - https://bstudy.net/729150/tehnika/izmeritelno_vychislitelnye_kompleksy