

Инновационные подходы к формированию системы экономического управления реализацией программ развития Арктики в цифровую эпоху

Innovative approaches to the formation of an economic management system for the implementation of Arctic development programs in the digital age

doi 10.26310/2071-3010.2020.257.3.008



А. В. Путилов,
д. т. н., профессор, декан
✉ avputilov@mephi.ru

A. V. Putilov,
doctor of technical sciences, professor, dean



С. А. Королев,
аспирант
✉

S. A. Korolev,
graduate student

НИЯУ МИФИ
(NRNU MEPHI)

Одним из элементов экономического управления являются рекомендательные системы — это инструментарий, основанный на объективных оценках, сопоставлениях, аналитических моделях и пр. Современные цифровые технологии позволяют оценить эффективность методов и алгоритмов машинного обучения для предобработки и классификации слабоструктурированных данных в рекомендательных системах, например, экономического управления в Арктике. Затраты и результаты — основа любого экономического анализа, однако для Арктики имеется большое число параметров, которые трудно экономически измерить (экологические, социальные и многие другие).

One of the elements of economic management is recommender systems — a tool based on objective assessments, comparisons, analytical models, etc. Modern digital technologies make it possible to evaluate the effectiveness of machine learning methods and algorithms for the preprocessing and classification of poorly structured data in recommender systems, for example, economic management in The Arctic. Costs and results are the basis of any economic analysis, but for the Arctic there are a large number of parameters that are difficult to measure economically (environmental, social, and many others).

Ключевые слова: управление экономикой, инновационные системы, Арктика, информационное обеспечение развития, социально-экономическая инфраструктура.

Keywords: economic management, innovative systems, the Arctic, information support for development, socio-economic infrastructure.

Введение

Развитие Арктики — проблема многофакторная, но, прежде всего, — политэкономическая. Это подтверждается как целыми пластами политических заявлений, концепций и прочих результатов проявления международной политики, так и тем, что Арктика имеет и совершенно конкретные экономические измерения. Например, для развития российской Арктики государством поставлены амбициозные экономические задачи: увеличение арктического транзит грузов к 2024 г. до уровня 80 млн т в год, существенное увеличение добычи углеводородов на шельфе, создание новых рудников для добычи полезных ископаемых на Новой Земле, развитие малой атомной энергетики (в порту г. Певека уже пришвартовалась плавучая атомная теплоэлектростанция — ПАТЭС — «Академик Ломоносов»), и таких примеров множество. И, если политика — это искусство, где от качества работы политических деятелей зависит и результат, то экономика — это наука об обществе, результаты применения которой, имеют конкретные измеримые параметры. Поэтому требуется соответствующее управление экономикой и общественным развитием, в частности, анализ и обработка «больших данных» об Арктике, долгосрочное планирование развития арктической зоны Российской Федерации [1].

Одним из элементов экономического управления являются рекомендательные системы — это инструментарий, основанный на объективных оценках, сопоставлениях, аналитических моделях и пр. Современные цифровые технологии позволяют оценить эффективность методов и алгоритмов машинного обучения для предобработки и классификации слабоструктурированных данных в рекомендательных системах, например, экономического управления в Арктике. Затраты и результаты — основа любого экономического анализа, однако для Арктики имеется большое число параметров, которые трудно экономически измерить (экологические, социальные и многие другие).

1. Цифровые системы для управления развитием экономики

Переход к цифровым системам управления, вызванный повсеместным использованием информационных и телекоммуникационных технологий, открывает определенные перспективы для работы с постоянно возрастающим объемом информации и возможностью извлечения знаний из слабоструктурированного массива данных. Несмотря на относительно небольшой срок активного применения цифровых носителей и систем, ввиду преобразования и перевода данных из

различных областей жизнедеятельности человека в цифровой вид, общий объем накопленных данных растет год от года в геометрической прогрессии, В 2016 г. накопленное количество данных оценивалось в 16 зеттабайт (1 зеттабайт — 1021 или секстиллион байт) но по прогнозам аналитической компании IDC к 2025 г. объем всех данных увеличится на порядок и достигнет отметки в 163 зеттабайт (рис. 1). В связи с этим, на первый план выходят способы хранения, обработки, поиска и извлечения знаний из накопленных данных. Эта технология получила название сквозной цифровой технологии «большие данные».

К 2024 г. государство намерено осуществить комплексную цифровую трансформацию экономики и социальной сферы России, в связи с чем в последние годы резко повысилась востребованность такого типа данных и реализуется государственная политика в области обработки и анализа «больших данных» (рис. 2). Направление по обработке «больших данных» входит в зону ответственности ГК «Росатом», где в рамках создания цифровой платформы «Распределенная среда обработки «больших данных»» предусмотрены работы по развитию компонентов систем поддержки принятия решений, программных интерфейсов доступа к данным и др., что весьма актуально для Арктики.

Ввиду возрастания накопленного объема данных и необходимости осуществлять среди них поиск по соответствующим запросам, на первый план выходит задача определения релевантности и pertinентности информации. Понятие «релевантность» обозначает «соответствие полученной информации информационному запросу». Таким образом, релевантность определяется исключительно используемыми математическими моделями в конкретной информационно-поисковой системе. В свою очередь «pertinentность» обозначает «соответствие полученной информации информационной потребности». Иными словами . pertinентность — это соответствие найденных информационно-поисковой системой документов, материалов и других результатов информационным потребностям пользователя, независимо от того, как полно и точно эта потребность выражена в форме запроса. Таким образом можно сказать, что pertinентность системы обеспечивает правильные ответы даже на недостаточно правильно поставленные вопросы.

Существует ряд различных методов повышения pertinентности информационного поиска. На сегод-

нящий день одним из наиболее актуальных подходов является использование методов машинного обучения. Данный метод является частным случаем применения интеллектуального анализа данных — направления исследований, находящегося на пересечении. целого ряда дисциплин, таких как математика, информатика, статистика, теория вероятностей и т. д. Выделяют особый подкласс информационных систем — так называемые «рекомендательные системы». Данный подкласс опирается на математические модели и позволяет решать задачи по определению релевантности и pertinентности данных. Особо актуальной разработку методов и алгоритмов машинного обучения в данном случае делает отсутствие универсальных подходов для решения задач предобработки и классификации в рекомендательных системах.

Разработанные методы и алгоритмы для систем экономического управления в Арктике могут быть направлены на повышение точности работы методов машинного обучения при классификации больших объемов слабоструктурированных текстовых данных и увеличения pertinентности информационного поиска в рекомендательных системах для логистического управления в Арктике. На первом этапе представляется целесообразным сформировать рекомендательную систему, которую можно именовать как «Технологический маркетинг в Арктике». Особого внимания заслуживает тот факт, что в Арктике рыночные закономерности (регулятор: «спрос — предложение») отличаются от традиционных за счет особенностей технологий развития арктической зоны (атомный ледокольный флот, атомное энергообеспечение значительной части арктической зоны, природные условия, экологическая проблематика и пр.).

2. Научная основа предлагаемых подходов к совершенствованию систем экономического управления в Арктике

Основным назначением рекомендательных систем является помощь в обработке и анализе «больших данных», базирующаяся на прогнозировании поведения пользователей по отношению к объекту информационного поиска. Помимо этого на основании прогноза поведения формируются последующие рекомендации, которые позволяют обратить внимание пользователей



Рис. 1. Рост объема всех накопленных данных по годам



Рис. 2. Динамика востребованности «больших данных» по годам

на схожие информационные объекты, но с которыми конкретный пользователь ранее не встречался.

Формальная постановка задачи для рекомендаций выглядит следующим образом. Рассмотрим U — множество пользователей и D — множество объектов. Необходимо найти функцию $r, r:U \times D \rightarrow R$, которая формирует рекомендацию R таким образом, что для любого пользователя значение r между ним и объектом d максимально, т. е. является аргументом максимизации:

$$\forall u \in U, d_u = \arg(\max_{d \in D} r(u, d)).$$

Выделяют четыре вида рекомендательных систем:

1. Рекомендации, формируемые экспертным методом — связи между объектами устанавливаются вручную или на основе заранее определенных правил, но данный способ является актуальным только при небольшом перечне рекомендуемых объектов.
2. Коллаборативная фильтрация информации — рекомендации основываются на оценках пользователей по отношению к просмотренным объектам. Рекомендации могут строиться либо на основе поиска схожих пользователей по отношению к рассматриваемому пользователю (user-based), либо на основе поиска схожих объектов по отношению к объектам с выставленными ранее оценками рассматриваемым пользователем (item-based).
3. Контентная фильтрация информации — рекомендации для рассматриваемого пользователя формируются на основе понравившихся ему объектов с учетом присвоенных каждому объекту набору параметров.
4. Гибридная фильтрация информации — используется комбинация подходов, основанных на контентной и коллаборативной фильтрации, что приводит к повышению качества формируемых рекомендаций.

Как отечественные, так и зарубежные разработки свидетельствуют о значительном прогрессе в точности, эффективности, скорости действия и достоверности рекомендательных систем в различных сферах реального сектора экономики при использовании цифровых технологий. Для Арктики не удалось обнаружить в литературе описаний подобных результатов, поэтому основная задача найти объекты, которые являются рекомендательными системами, и довести эти разработки до возможности использования при экономическом управлении развитием в Арктике. Причем, в литературе имеется значительный объем результатов

по математическим методам и алгоритмам машинного обучения, используемые в различных рекомендательных системах [2]. Теоретическую базу, которую можно использовать в подобных разработках, составляют фундаментальные научные труды российских и зарубежных авторов, касающиеся разработки методов и алгоритмов обработки данных, принципов формирования ансамблевых подходов, подходов работы с «большими данными», принципов Data Mining и Text Mining, теории автоматизированного управления, поддержки принятия решений и системного анализа.

Основными элементами функциональной схемы рекомендательных систем являются следующие объекты (рис. 3):

- Объектом управления является блок с перечнем рекомендаций, который должен соответствовать интересам пользователя в определенный момент времени, например, при проводке судов через Северный морской путь (СМП).
- Управляющим объектом выступает набор алгоритмов классификации, которые позволяют на основе задающего воздействия $u(t)$ и сигнала от измерительного или аналитического устройства формировать наиболее пертинентные значения рекомендаций.
- Обученная модель содержит представление рассматриваемых элементов и правила, по которым управляющий объект будет выполнять классификацию (например, с использованием истории проводки судов через СМП).
- Под исполнительным устройством подразумевается веб-сервер, который дополняет содержательной информацией из БД полученные идентификаторы значений от управляющего объекта и передает управляющее воздействие $x(t)$.
- Измерительное или аналитическое устройство выполняет сбор данных по реакции пользователя на полученные рекомендации и преобразует их в формализованные значения $z(t)$ поведения пользователя (например, на странице интернет-сайта).

Выходными параметрами данной схемы являются рекомендации, которые должны представлять наибольший интерес для пользователя согласно его интересам и потребностям. Применимость рекомендательных систем не ограничивается какими-то определенными сферами деятельности, а может быть использована во множестве различных областей, в частности для систем, содержащих научную информацию по Арктике. Научная рекомендательная система (НРС) представляет собой специальный модуль, который может быть установлен поверх базы данных

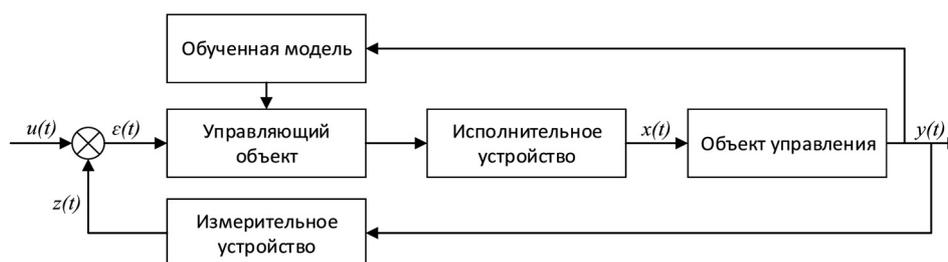


Рис. 3. Общий принцип работы рекомендательных систем

системы с научной информацией и использоваться независимо от поисковой системы. К таким системам могут быть отнесены Google Scholar, Scopus, Web of Science, Mendeleev, eLibrary, Cyberleninka и другие. Использование НРС может позволить включить в системы экономического управления в Арктике научные результаты и закономерности, полученные в мировом научном пространстве и ранее не использованные для этих целей.

Генерируемые аналитические данные в современном мире становятся активом, который способен приносить дополнительную экономическую выгоду тем, кто умеет извлекать информацию и правильно ее использовать. Как уже было сказано выше технология, отвечающая за способы хранения и обработки получила название сквозной цифровой технологией «большие данные». Несмотря на полученное название, технология «большие данные» характеризуется не только объемом данных, но также имеет ряд других значимых параметров. Наиболее полно эту технологию характеризуют так называемые V-модели, которые включают в себя различные параметры, описывающие данные. К наиболее часто используемым параметрам относятся объем данных (Volume), скорость прироста данных и скорость их обработки (Velocity), разнообразие данных (Variety). Количество «V», которые присутствуют в этих моделях постоянно увеличивается и иногда составляет более 40 параметров.

Для апробирования подходов к созданию рекомендательных систем зачастую используется возможности создания и освоения образовательных технологий

на их основе. При этом в процессе обучения, подготовки или переподготовки кадров выявляются как положительные так и отрицательные стороны предлагаемых подходов, которые можно исправить в ходе тестирования. Подготовка кадров для развивающейся атомной энергетики [3] — это широкое поле применения современных информационных технологий, платформенных подходов и новых образовательных систем. Особенно важно в образовательном процессе подчеркнуть целый ряд правовых аспектов работы в Арктике [4], которые еще требуют своего разрешения. Кроме того, образование на базе рекомендательных систем будет полезно для повышения квалификации сотрудников органов управления регионального уровня (рис. 4), которые должны хорошо разбираться как в содержательных инновациях в Арктике, так и в правовых коллизиях с ними связанных.

Для достижения поставленной цели необходимо сформировать и освоить на практике рекомендательную систему для рыночного анализа эффективности развития Арктики, а также решить научные задачи в следующих направлениях исследований:

- исследовать существующие подходы к построению рекомендательных систем, выполнить обобщение методов машинного обучения для решения задачи классификации, выявить наиболее перспективные методы для работы со слабоструктурированными данными больших объемов при логистическом управлении в Арктике;
- разработать и исследовать метод и алгоритм обогащения признакового пространства в рамках

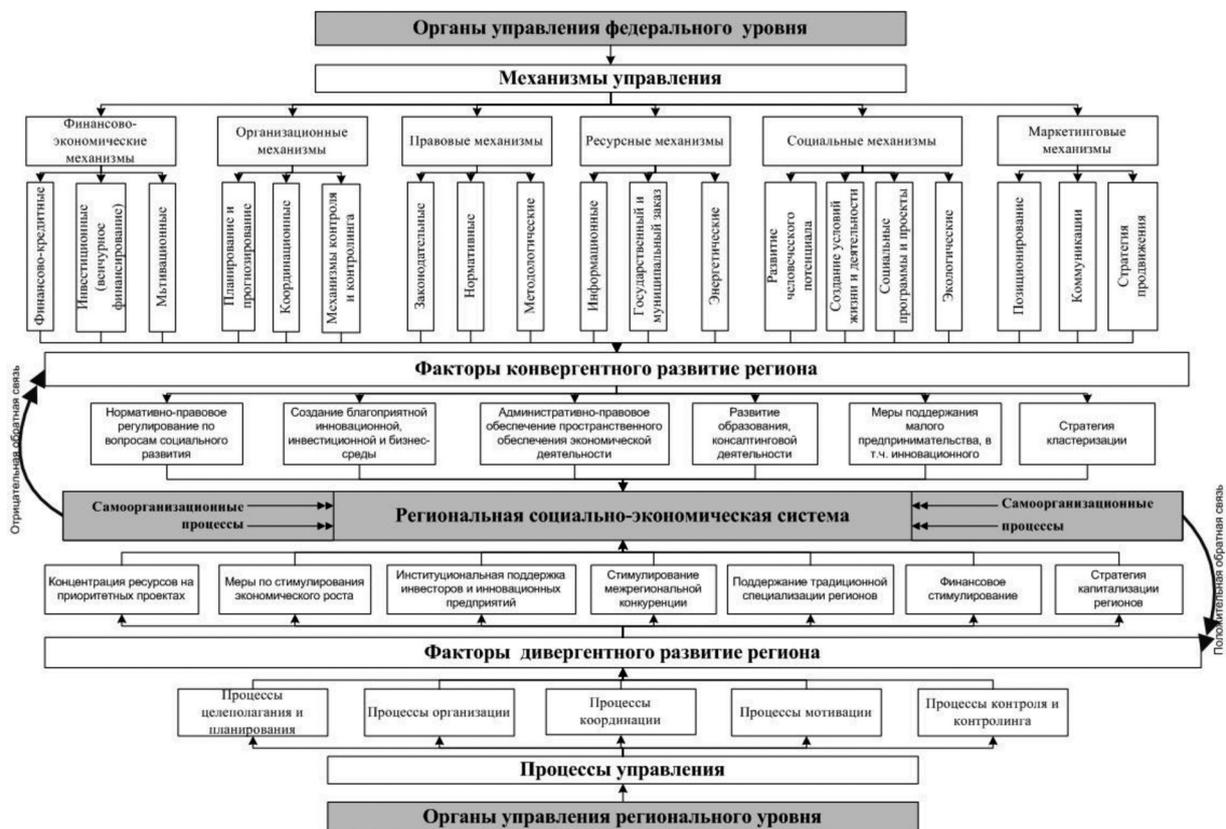


Рис. 4. Схема управления региональной социально-экономической системой Арктической зоны, куда должны быть встроены рекомендательные системы

предобработки слабоструктурированного набора данных, например, на массиве истории судоходства по СМП;

- разработать и исследовать ансамблевый метод и алгоритмы для решения задачи классификации при обработке слабоструктурированных данных при логистическом управлении в Арктике;
- провести апробацию предложенных методов и алгоритмов в виде разработанных программных средств повышения пертинентности информации и прогнозирования поведения пользователя рекомендательных систем при логистическом управлении в Арктике;
- провести экспериментальную проверку эффективности использования предложенных методов и алгоритмов машинного обучения в тестовых рекомендательных системах логистического управления в Арктике.

В работе по развитию и модифицированию цифрового подхода к формированию экспертно-консультативного сообщества в области освоения Арктики могут быть использованы методы структурного системного анализа, методы теории управления и принятия решений, методы интеллектуального анализа данных и машинного обучения, методология объектно-ориентированного проектирования RUP (Rational Unified Process) и подходы, применяемые при разработке различного программного обеспечения.

3. Ожидаемые результаты развития экономической системы управления в Арктике

В системе управления экономическим развитием Арктической зоны можно выделить несколько значимых потенциальных результатов, на которые должны быть направлены усилия разработчиков, инженеров, управленцев и экономистов (рис. 5):

1. Совершенствование принципов формирования различных видов и типов рекомендательных систем, использование контентной фильтрации информации, что способствует устранению таких проблем функционирования рекомендательных систем как «холодный старт» или «новый пользователь», устойчивая идентификация экономического контекста для пользователей и улучшение временных характеристик принятия решений при экономическом управлении в Арктике.

2. Так как из практики использования рекомендательных систем известно, что наиболее острой проблемой при работе со слабоструктурированными данными является несоответствие между структурами данных обучающей выборки и генеральной совокупности, для уменьшения этого потенциального несоответствия необходимо использовать ансамблевые методы обработки «больших данных» в Арктике при формировании системы экономического управления.
3. Развитие новых методов и алгоритмов обогащения признакового пространства слабоструктурированных данных позволит выделить новый значимый признак — тип искомого результата информационного поиска, приводящий к повышению пертинентности самого информационного поиска при экономическом управлении в Арктике.
4. Создание методов и алгоритмов ансамблевой классификации на основе энтропии позволит повысить стабильность и точность работы ансамбля на больших объемах слабоструктурированных данных, например для логистической и экономической обстановки в конкретных регионах Арктики.
5. В итоге разработанные методы и алгоритмы совершенствования систем управления могут быть реализованы в рекомендательной системе для экономического развития, которую можно охарактеризовать как «Атомная Арктика». Первым шагом формирования этой многоаспектной рекомендательной системы может стать создание Экспертно-консультативного совета при Президиуме НТС Госкорпорации «Росатом», который также может получить наименование «Атомная Арктика».

Многоаспектные рекомендательные системы могут обеспечить пользователям информационных ресурсов учет влияния на экономические решения внешней среды. Информация о внешней среде, например, на основе анализа «больших данных» об исторической практике реализации в Арктике различных проектов, транспортно-логистических систем, аппаратуры связи и коммуникаций может быть обобщена экспертным методом. Для этого в предлагаемый экспертно-консультативный совет должны привлекаться специалисты различного профиля и путем проведения экспертных панелей, телекоммуникационных сессий обеспечивать учет разнородной информации о внешней среде как субъекта, так и объекта управления.



Рис. 5. Схема управления региональной социально-экономической системой Арктической зоны с учетом воздействия внешней среды

Заключение

На базе имеющегося опыта использования рекомендательных систем предлагается разработать программно-технические решения, которые предназначены для прогнозирования поведения пользователей информационными ресурсами при реализации экономического управления в Арктике в отношении объектов информационного поиска, а также формирования рекомендаций для объектов, с которыми конкретный пользователь еще не встречался. Метод, повышающий pertinence информации, может быть реализован

экспериментальным образцом программного комплекса в рекомендательной системе сбора информации по подготовке экономических решений в арктической зоне. Программа должна позволять выполнять сбор и хранение поведенческих данных, устанавливать корреляционные зависимости между пользовательскими профилями и формировать информационные предложения на основе анализа поведенческих данных. На основе разработанных методов и алгоритмов могут быть реализованы модули, совокупность которых составит основу системы поддержки экономического управления «Атомная Арктика».

Список использованных источников

1. В. Н. Лексин, Б. Н. Порфирьев Государственное управление развитием Арктической зоны Российской Федерации: задачи, проблемы, решения. М.: Издательство «Научный консультант». 2016. 386 с.
2. А. В. Путилов, И. Н. Матицин, С. А. Королев. «Большие данные», их обработка и анализ — основа планирования развития Арктики//Труды Вольного экономического общества России. Т. 216. М., 2019. С. 158-165.
3. А. В. Путилов, М. Н. Стриханов, Г. В. Тихомиров Подготовка кадров для развивающейся атомной энергетики//«Известия вузов. Ядерная энергетика». 2019. № 2. С. 208-217.
4. В. Н. Лексин, Б. Н. Порфирьев. Российская Арктика сегодня: содержательные новации и правовые коллизии//«Экономика региона». Т. 14. Вып. 4. 2018. С. 1117-1128.

References

1. V. N. Leksin, B. N. Porfiriyev. State management of the development of the Arctic zone of the Russian Federation: tasks, problems, solutions. M.: Publishing House «Scientific Consultant», 2016. 386 p.
2. A. V. Putilov, I. N. Matitsin, S. A. Korolev. Big data, its processing and analysis — the basis for planning the development of the Arctic//Transactions of the Free Economic Society of Russia. Vol. 216. M., 2019. P. 158-165.
3. A. V. Putilov, M. N. Strikhanov, G. V. Tikhomirov. Personnel training for developing nuclear energy//Izvestiya Vuzov. Nuclear Energy. 2019. № 2. P. 208-217.
4. V. N. Leksin, B. N. Porfiriyev. The Russian Arctic today: substantial innovations and legal collisions//Regional Economy. Vol. 14. № 4. 2018. P. 1117-1128.