

МЕХАНИЗМ МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ляшенко Д.А.

Национальный транспортный университет

Исследованы теоретические вопросы формирования финансового механизма внешнеэкономической деятельности. Определены методы моделирования международной торговли. Осуществлена апробация метода нейронных сетей для кластеризации стран внешнеэкономических партнеров Украины. Выявлены закономерности внешней торговли Украины.

Ключевые слова: математико-картографическое моделирование, внешнеэкономическая деятельность, экспорт, импорт, нейронные сети.

Постановка проблемы. Современный мир вводит в фазу децентрализации. На замену жестким иерархическим структурам в разных сферах политической, экономической и социальной жизни общества приходят сети [3]. Специалисты подчеркивают преимущества децентрализованных фирм, и некоторые из них показывают, что в наступающем веке большие иерархические корпорации уступят место новой форме – сетям.

В сети все элементы самостоятельны и вступают во взаимодействие как свободные агенты. Связи между элементами возникают чаще всего спонтанно, на основе событий вызывающих изменение тренда в точках бифуркации.

Сети являются сложными объектами для моделирования. Наиболее приемлемым средством для моделирования таких объектов являются геоинформационные системы (ГИС), а в качестве методов геоинформационное и математико-картографическое моделирование.

По словам Регионального менеджера в Центральной и Юго-Восточной Европе компании «Hexagon geospatial» Роберта Наги (Robert Nagy) сейчас в области обработки пространственных данных существуют такие тенденции: необходимость обрабатывать большие объемы данных (big data) и запрос на простые решения. Раньше пользователями ГИС были ученые и аналитики, сейчас возрастает спрос на обоснование принятия решений со стороны простых граждан. Все это вызывает необходимость обоснования различных методов анализа, в частности классификации объектов связей и визуализации результатов математического анализа.

Анализ последних исследований и публикаций. Математические методы в картографии начали активно применяться во второй половине XX ст. на волне интереса к количественным методам в географии (Уильям Бунге). Количественные методы перевели географию из чисто описательной дисциплины в разряд наук, тесно сотрудничающих с математической статистикой, теорией вероятности, пространственной геометрией. Следующий пик интереса к математическим моделям и методам в географических исследованиях пришелся на активное развитие инструментов ГИС при переходе их в стадию зрелости. Параллельно производилась исследования на стыке картографии, информатики, искусственного интеллекта, результатом чего стало появление пространственных систем поддержки принятия решений. Теоретической основой которых стали когнитивная психология, изучение поведения отдельных граждан и социальных групп на определенной территории, прикладная математика и исследование операций.

Запуск искусственных спутников Земли, использование мобильных устройств, позволяющих опре-

делить местоположение, открыли новые перспективы сбора информации про передвижение людей и товаров как через границы (морские перевозки) так и на территории городов. Популярными сейчас становятся модели представляющие поведение объектов в пространстве-времени с помощью т.н. пространственно-временного куба [9]. Математико-картографическое моделирование представляет собой совместное и последовательное использование математических и картографических моделей [6] при условии использования преимущества каждого вида моделей.

Математические и статистические методы используются для исследования данных, их классификации [1], кластеризации, поиска закономерностей. Статистика в пространствах произвольной природы (к которым и относятся множество наборов данных) основывается на систематическом использовании расстояний или мер близости (мер различия) между объектами нечисловой природы [7]. Картографические модели помогают визуализировать результаты такого анализа, и увеличить их наглядность. Украина на международном рынке занимает несколько специализированных товарных ниш, в частности торговля продукцией черной металлургии [8], химии и сельского хозяйства [4], которые исследовались отечественными географами.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Наряду с обилием примеров применения математических методов для анализа международной экономики [5], нерешенной задачей является разработка механизмов картографической визуализации результатов математического анализа внешней торговли Украины в разрезе стран мира.

Цель статьи. Главной целью этой работы является апробация математических методов для типизации стран партнеров по структуре импорта товаров из Украины и визуализация результатов на картах.

Изложение основного материала. Региональный уровень исследований позволяет отобразить визуально с помощью карт и других геоизображений потоки внутри государства (авиаперевозки, автомобильные, железнодорожные перевозки, межрегиональные миграции) [2].

На глобальном уровне важнейшей задачей является изучение политических, экономических, социальных и культурных связей между странами. Эти связи действуют совместно и в одном направлении, в большинстве случаев, способствуют повышению интенсивности друг друга и являются своеобразной кровеносной системой современного мира, обеспечивающей коммуникацию между отдельными государствами, корпорациями, гражданами и определяющей качество его функционирования.

Состояние и конфигурация связей определяет специализацию хозяйственных систем отдельных стран, концентрацию производств, диффузию инноваций, культурный обмен.

Задачи типологии и классификации. Всю историю цивилизации люди занимались вопросами классификации. Это помогло человечеству адаптироваться и выжить, различая объекты и явления по степени опасности, полезности. В современных условиях умение классифицировать объекты на основе огромных объемов информации (Big Data) позволяет сориентироваться в современном быстро меняющемся мире и принять правильные управленческие и маркетинговые решения.

Эти исследования могут лечь в основу геомаркетинговых систем, моделирующих поведение производителей и потребителей на рынке и нацеливающих на поиск маркетинговых стратегий наиболее полно удовлетворяющих потребности потенциальных клиентов.

Объектами математического анализа в процессе изучения международных связей являются участники международных связей и потоки вещества, энергии и информации, соединяющие этих участников.

Участниками связей выступают ТНК и их подразделения, отдельные страны как рынки с сложившимися условиями ведения бизнеса и ценовой конъюнктурой, производственные и посреднические фирмы, территориальные, религиозные и другие общности людей, отдельные домашние хозяйства.

Классификация этих участников может осуществляться по разным основаниям: интенсивности, асимметричности, структуре, динамике потоков, которые их связывают.

Например, динамика и структура импорта и экспорта товаров, места выхода мигрантов изменяют интенсивности миграционных потоков.

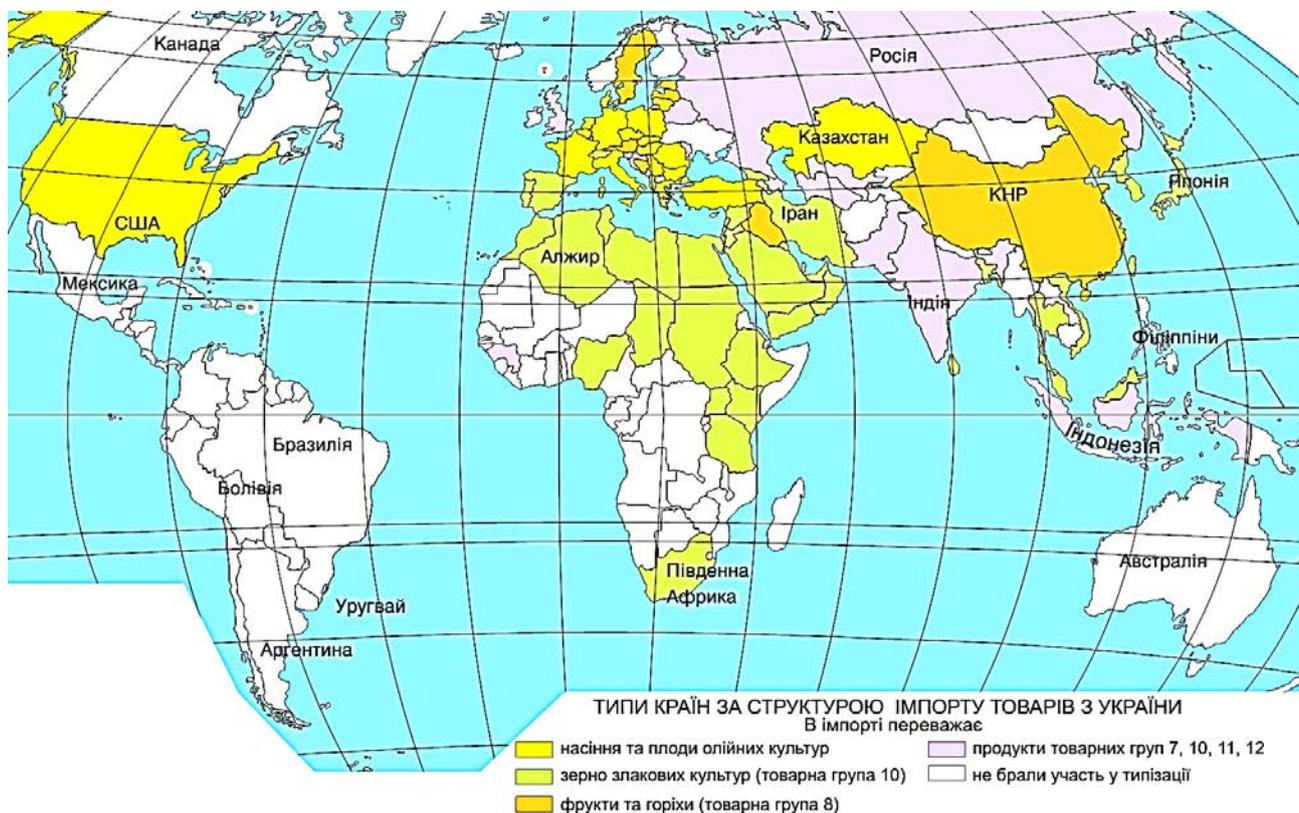
Наибольший интерес представляет использование математического аппарата для задач классификации. По сути задача классификации состоит в синтезе оценок объектов по многим критериям. В процессе классификации осуществляется объединение регионов в кластеры по подобию наборов различных характеристик.

Перспективным по нашему мнению является разновидность метода нейронных сетей – карты самоорганизации Кохонена (Self Organizing Maps – SOM), названная по имени известного финского ученого Теуво Кохонена (Teuvo Kohonen), руководителя Исследовательского центра нейронных сетей Технологического университета в Хельсинки. Этот метод позволяет осуществлять многомерную кластеризацию регионов. Принципы кластеризации подобны методу k-средних из группы методов классического кластерного анализа.

Одновременно карты самоорганизации имеют несколько принципиальных отличий: позволяют анализировать нелинейные зависимости между «входами» и «выходами»; обучаются «без учителя» (на основе самоорганизации), то есть результат обучения зависит лишь от входящих данных; все нейроны становятся упорядоченными в определенную структуру.

Нами было предложено использовать упомянутый математический аппарат для задач кластеризации совокупности географических объектов, которые принимают участие в потоках вещества, энергии, финансов и информации то есть международных связях.

Одним из наиболее интересных для изучения потоков, характеризующихся значительной изменчивостью, является международная торговля товарами. Эти потоки обусловлены географиче-



Примітка. Згідно з класифікатором товарної номенклатури зовнішньоекономічної діяльності до відповідних груп відносять: Група 7. Овочі та деякі їстівні корені-плоди і бульбоплоди Група 8. Їстівні плоди та горіхи; цедра цитрусових або баштанних культур. Група 10. зернові хліби. Група 11. Продукція борошномельно-круп'яної промисловості; солод; крохмаль; інулін; пшенична клейковина. Група 12. Олійні насіння і плоди; інше насіння, плоди та зерна; лікарські рослини і рослини для технічних цілей; солома

Рис. 1. Типи стран партнеров по структуре импорта товаров из Украины (зерновые культуры)

скими условиями, конъюнктурой и другими составными частями сравнительных преимуществ (Д. Рикардо).

В ходе исследования проведена апробация методики кластеризации стран по структуре внешнеторгового экспорта и импорта, а также его динамике. Для этих задач использовано программное обеспечение Deductor studio academic. Этот программный набор предлагает широкий набор функций, применяемых для исследовательских задач, среди которых была выбрана для использования функция построения самоорганизующихся карт. В процессе работы алгоритма программа позволяет из всей совокупности объектов выбрать такие, которые больше всего походят друг на друга. Так для определения типов стран по структуре импорта из Украины продукции растениеводства, на входе были использованы нормированные показатели внешней торговли Украины зерновыми: пшеницей, ячменем и другими культурами.

По результатам применения описанного выше математического аппарата было обнаружено, что существуют группы стран, специализирующихся на импорте отдельных товарных групп из Украины (использованы данные по 2010 года). В группе продовольственных товаров проанализированы страны, имеющие значительный по объему импорт из Украины (рисунок 1).

Выделены следующие группы стран: 1) страны, которые импортируют преимущественно зерно злаков (Бангладеш, Египет, Израиль, Иран, Ливийская Арабская Джамахирия, Португалия, Саудовская Аравия, Сирийская Арабская Республика, Тунис); 2) страны, которые импортируют преимущественно

семена и плоды масличных культур, прочие семена, лекарственные растения (Италия, Казахстан, Литва, Польша, Румыния, Сербия, Словакия, Турция, США); 3) страны, которые импортируют преимущественно съедобные фрукты и орехи (Китай, Гонконг, Ирак, Швеция); 4) страны с высокой степенью разнообразия импорта.

Другим примером использования предложенного метода является типизация стран – торговых партнеров Украины по динамике экспорта и импорта. Динамика – это развитие геосистем во времени. Существенные изменения происходят только тогда, когда они сопровождаются изменением структуры системы и системообразующих связей. В моделировании динамики систем основным является определение последовательности их состояний во времени и определения четких различий между ними. Характеризуя динамику общественных явлений, Т.И. Курач отмечает, что ей присущи такие виды движения: рост (прямолинейное, криволинейное), спад, цикличность, колебания с определенным ритмом. Развитие мировой хозяйственной системы в течение последних лет по-разному повлияло на состояние международных связей различных стран с Украиной. Различные регионы страны отличаются по параметрам международных связей (объемам, структуре, временными изменениями потоков). Динамика торговых отношений связана как с естественными (засухами, урожайностью), так и экономическими факторами (ценами и конъюнктурой международной торговли и т.д.). С целью отслеживания изменений в характеристиках международных связей Украины следует обосновать: а) показатели картографирования; б) период

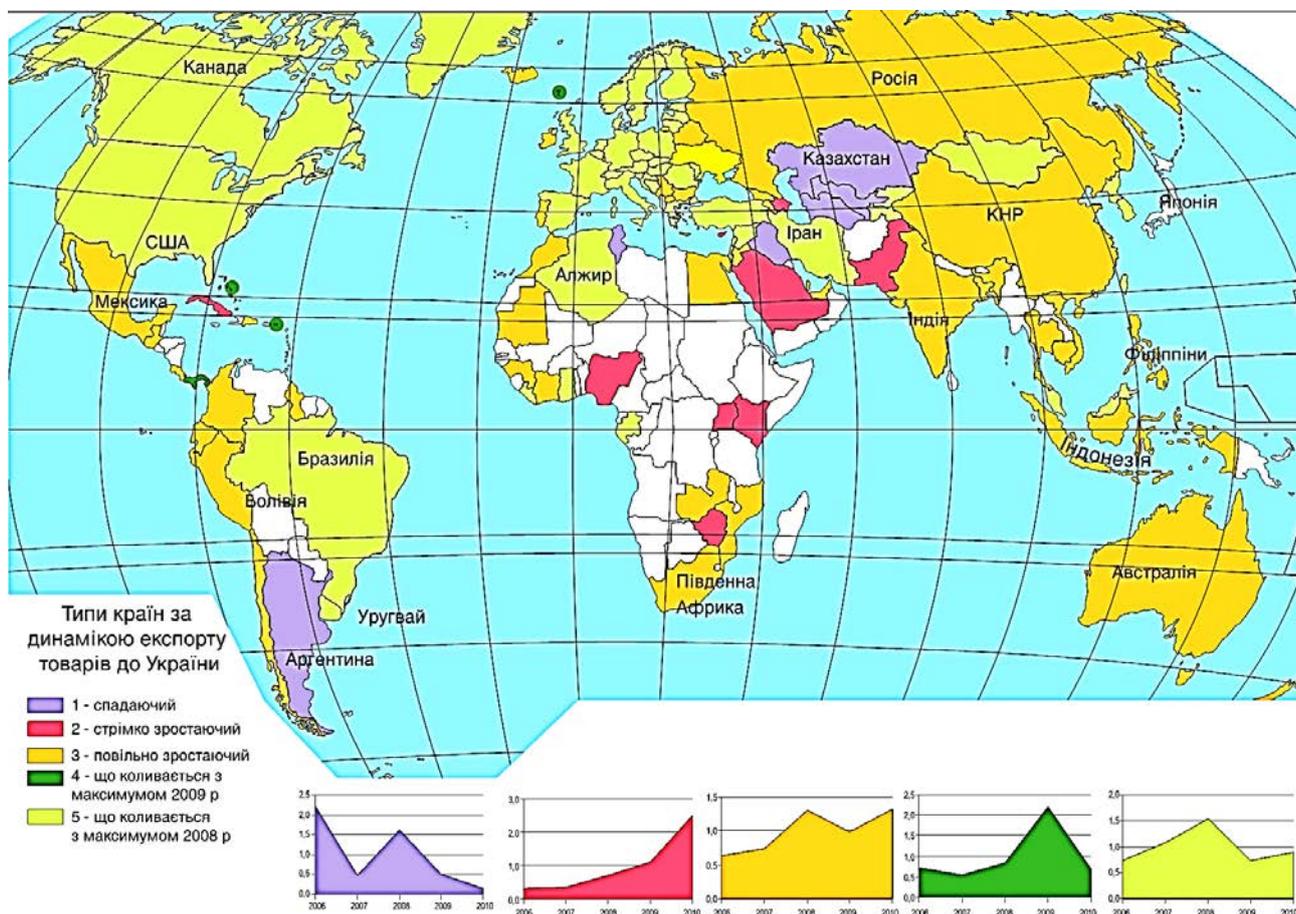


Рис. 2. Типи стран партнеров по динамике импорта товаров из Украины (зерновые культуры)

исследования изменений; в) методика типизации стран за изменениями показателей.

Одним из путей исследования закономерностей изменений в области международной торговли является группировка территориальных единиц в таксоны с однородными ритмами колебания экспорта и импорта. Поскольку средние многолетние значения объемов внешней торговли для каждой территориальной единицы разные, то для сравнения уровней колебания экспорта и импорта следует применить нормирования. Для этого достаточно разделить конкретные значения по каждой территориальной единицы на их среднее арифметическое значение, рассчитанное на базе этих рядов. Выделение таксонов, подобных по картине динамики временных рядов данных может осуществляться на основе упомянутого метода классификации на основе нейронных сетей с обучением без учителя.

Легендой полученной карты есть типы стран по динамике внешней торговли. Соответствующим цветом на карте изображаются результаты типизации. Графики средних значений исследуемых показателей в пределах таксонов могут быть представлены в виде дополнительных данных в карты, сформирует наглядное представление о типе динамики. Такие графики нивелируют отдельные флуктуации в динамических рядах и характеризуют за-

кономерности изменений экспорта и импорта для однотипных групп стран.

Упомянутые направления типологии стран связаны с исследованиями проблем преодоления голода и обеспечения продовольственной безопасности, основанные на опыте картографических исследований сельского и морского хозяйства, разработка синтетических карт эффективности производства продукции растениеводства и т.д.

Наиболее приемлемым способом картографического отображения результатов типизации является качественный фон. Цвет является наиболее удобным изобразительным средством. Для отображения качественных отличий мы применили «принцип светофора», сочетание оттенков зеленого, желтого и красного цветов.

Для создания карт выбрана традиционная картографическая основа: нормальная поликоническая проекция, которая традиционно применяется для карт мира.

Выводы и предложения. Перспективными направлениями являются анализ структуры внешней торговли в группах продукции химии и связанных с ней отраслей; минерального сырья; машиностроения. Исследование структуры внешней торговли, а также ее изменений может быть основой для прогнозов будущих поставок.

Список литературы:

1. Воронин Ю. А. Теория классифицирования и ее приложения / Ю. А. Воронин. – Новосибирск: Наука, 1985. – 232 с.
2. Голубчиков Ю. Н., Тикунов В. С., Тикунова И. Н. Геоинформационная система для демографических исследований / Ю. Н. Голубчиков, В. С. Тикунов, И. Н. Тикунова // Географический вестник. – 2014. – № 3 (30). – 130–137 с.
3. Гриценко А. А. Иерархия и сетевые структуры в институциональной архитектонике экономических систем / А. А. Гриценко // Наукові праці Донецького національного університету. Серія: економічна. Випуск 31-1(117). – Донецьк, ДонНТУ, 2007. – С. 51–55.
4. Кавецкий І. Й. Україна і світові агропродовольчі ринки (суспільно-географічне дослідження): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук / І. Й. Кавецкий. – К., 1999. – 22 с.
5. Кругман П. Международная экономика. Теория и политика / П. Кругман, М. Обстфельд: Учеб. для вузов / Под ред. В. П. Колесова, М. В. Кулакова. – М.: Эконом. ф-т МГУ, ЮНИТИ, 1997. – 799 с.
6. Тикунов В. С. Классификации в географии: ренессанс или увядание? (Опыт формальных классификаций) / В. С. Тикунов. – М.: – Смоленск: Изд-во Смоленского гуманитарного университета, 1997. – 367 с.
7. Орлов А. И. Математические методы теории классификации / А. И. Орлов [Электронный ресурс] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 95. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/23.pdf> – Назва з екрану.
8. Савчук І. Г. Зовнішня торгівля між Україною та Європейським Союзом / І. Г. Савчук // Трансформація структури господарства України: регіональний аспект. – К.: Міленіум, 2003. – С. 136–157.
9. Bach V. Review of Temporal Data Visualizations Based on Space-Time Cube Operations / V. Bach, P. Dragicevic, D. Archambault et al. // Eurographics Conference on Visualization. – 2014. – P. 23–41. – <http://aviz.fr/~bbach/spacetimecubes/Bach2014spacetimecubes.pdf>

Ляшенко Д.О.

Національний транспортний університет

МЕХАНІЗМ МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗОВНІШНЬОЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Анотація

Досліджено теоретичні питання формування фінансового механізму зовнішньоекономічної діяльності. Визначено методи моделювання міжнародної торгівлі. Здійснено апробацію методу нейронних мереж для кластеризації країн зовнішньоекономічних партнерів України. Виявлені закономірності зовнішньої торгівлі України.

Ключові слова: математико-картографічне моделювання, зовнішньоекономічна діяльність, експорт, імпорт, нейронні мережі.

Liashenko D.O.

National Transport University

MATHEMATICAL AND CARTOGRAPHIC FOREIGN TRADE MODELLING MECHANISM

Summary

The theoretical aspects of forming a financial mechanism of foreign trade were investigated. The methods of international trade modelling were defined. The method of neural networks for clustering countries, which are economic partners of Ukraine, was proposed. Ukraine's foreign trade peculiarities were founded.

Keywords: mathematical and cartographic modelling, foreign trade, export, import, neural networks.