

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

САЛИМХАНОВА А.С.

Казахский Национальный университет им. аль-Фараби

Аннотация: Эффективная защита нашей окружающей среды во многом зависит от качества доступной информации, используемой для принятия соответствующего решения. Проблемы возникают, когда объем доступной информации огромен и неоднороден (то есть поступает из множества различных дисциплин или источников), а их качество невозможно определить заранее. Другой связанный с этим вопрос - это динамический характер проблемы. Компьютеры занимают центральное место в современной защите окружающей среды при выполнении таких задач как мониторинг, анализ данных, обмен данными, хранение и поиск информации, поэтому было естественно попытаться интегрировать и улучшить все эти задачи с помощью методов искусственного интеллекта, основанных на знаниях.

Ключевые слова: искусственный интеллект, СППР, экологические проблемы, нейронные сети, глубинное обучение

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DECISION SUPPORT SYSTEMS IN THE FIELD OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

Abstract: Effectively protecting our environment is highly dependent on the quality of the information available to guide decision making. Problems arise when the amount of information available is huge and heterogeneous (that is, it comes from many different disciplines or sources), and its quality cannot be determined in advance. Another related issue is the dynamic nature of the problem. Computers are central to today's environmental protection for tasks such as monitoring, analyzing data, exchanging data, storing and retrieving information, so it was natural to try to integrate and improve all of these tasks using knowledge-based artificial intelligence techniques.

Key words: artificial intelligence, EDSS, ecological problems, neural networks, deep learning

ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ҚОРҒАУ САЛАСЫНДА ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ЖӘНЕ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУДЫ ҚОРҒАУ ЖҮЙЕСІН ҚОЛДАНУ

Аңдатпа: Бізге қоршаған ортаны тиімді қорғау көбінесе нақты бір шешім қабылдауға қажетті қол жетімді ақпараттың сапасына байланысты екені сөзсіз. Ақпарат көлемі үлкен және де гетерогенді (яғни әрқелкі ақпарат көзінен түсетін) және түскен ақпараттың сапасын алдын ала анықтау мүмкін емес, сондықтан бірден шешім қабылдаудың қиындық тудыратындығы да рас. Сондай-ақ осы мәселелердің динамикалық сипаты бар екендігін де ескерген жөн. Қазіргі таңда компьютерлер мониторинг, талдау мәлімет алмасу, сақтау және іздеу бойынша кеңінен қолданылатындығы баришаға аян, сол себептен де қоршаған ортаны қорғау барысында туындайтын мәселелердің шешімін табуды білімдер базасына негізделген жасанды интеллектке интеграциялауды ұсынамыз.

Түйінді сөздер: жасанды интеллект, ШҚҚЖ, экологиялық мәселелер, нейрондық желі, тереңдетіп оқыту

Вступление

Прогресс в человеческом развитии становится все более зависимым от окружающей природной среды и может быть ограничен ее ухудшением в будущем. Рост населения, урбанизация и индустриализация, с которыми наша планета столкнулась в этом столетии, заставили общество задуматься о том, изменяют ли человеческие существа сами условия, необходимые для жизни на Земле [1]. Наука об окружающей среде – это междисциплинарная область, изучающая влияние человека на экологические процессы, и, как таковая, она принимает во внимание деятельность человека, а также экологические процессы [2]. Воздействие человека на окружающую среду часто называют «загрязнением» в самом широком смысле [3].

Как указывали несколько авторов, окружающая среда представляет собой сложную и динамичную систему, в которой различные аспекты могут привести к одному и тому же воздействию (например, выбросу газов глобального потепления), в то время как другие действия могут сочетаться синергетически для создания воздействия, которое намного больше, чем то, что можно было бы предсказать, используя редукционистский подход (например, диоксид азота и углеводороды могут реагировать с образованием тропосферного озона). Таким образом, требуется дальнейший анализ для оценки вероятных воздействий, которые будут иметь важные аспекты [4].

Проблема глобальных изменений сложна по своей природе и может быть представлена различными взаимодействиями, действующими в разных пространственно-временных масштабах. Решение этих проблем требует комплексного рассмотрения соответствующих взаимодействий между людьми и окружающей средой [4]. Информационные технологии играют все более важную и центральную роль в планировании, прогнозировании, наблюдении и контроле экологических процессов во многих различных масштабах и в различных временных промежутках. В то же время организации, отрасли (напри-

мер, ISO14001, европейский стандарт EMAS и т.д.). И правительства начали брать на себя больше проактивные отношения с окружающей средой путем принятия соответствующего законодательства, призывающего к явному учету воздействия на окружающую среду в процессе планирования и принятия решений по крупным проектам. В течение последних двух десятилетий быстрое развитие информационных технологий и быстрое развитие нового и более быстрого оборудования сделали возможным и очень плодотворным установление междисциплинарных исследовательских связей между учеными-экологами и компьютерными специалистами.

Цели и методы

Цель данной статьи – показать, как искусственный интеллект в частности и информационные технологии в целом преуспели в разработке адекватных инструментов для моделирования, проектирования, моделирования, прогнозирования, планирования и поддержки принятия решений в области управления и защиты окружающей среды. Многие экологические проблемы, такие как нанесение ущерба биосфере, локальное загрязнение воздуха, распространение вредных веществ в воде и глобальные климатические изменения, не могут быть изучены экспериментально. Следовательно, математические модели и компьютерное моделирование используются как подходящие средства для получения более глубокого понимания.

Мы сгруппируем наш обзор методов искусственного интеллекта, применяемых к проблемам окружающей среды, по трем широким категориям.

- Методы интерпретации и интеллектуального анализа данных включают в себя проверку данных для выявления закономерностей, выявления потенциальных проблем или возможностей, или выявления сходства между текущими и прошлыми ситуациями.
- Методы поддержки принятия решений включают оценку альтернатив для изучения их возможных последствий, сравнения их от-

носительных затрат и выгод и рекомендаций соответствующих планов действий.

Искусственный интеллект и проблемы окружающей среды

Искусственный интеллект применялся для решения проблем управления окружающей средой, как, например, при использовании экспертных систем, консультирующих группы реагирования в чрезвычайных ситуациях о том, как бороться с промышленными авариями [5], при использовании экспертных систем для оказания помощи в предоставлении разрешений на размещение опасных отходов [6], в моделирование качества воды и многие другие приложения для инженерии окружающей среды [7]. Первые приложения экспертных систем к проблемам окружающей среды появились в восьмидесятих годах. В последнее время исследования в области искусственного интеллекта были ориентированы на разработку систем, основанных на знаниях, когда применяется к вопросам окружающей среды, получают различные наименования, такие как системы поддержки принятия решений.

Системы поддержки принятия решений по окружающей среде или системы поддержки принятия решений с множеством целей или интеллектуальные помощники (см. рис. 1). Среди этих имен мы выбрали «Системы поддержки принятия решений в области окружающей среды» – это интеллектуальная информационная система, которая улучшает время, в течение которого могут быть приняты решения, а также последовательность и качество решений, выраженных в характерных величинах области применения.

Идеальные инструменты принятия решений для обоснованных рекомендаций по управлению земельными, водными ресурсами и окружающей средой должны включать количественные и аналитические компоненты; должны охватывать и интегрировать физические, биологические, социально-экономические и политические элементы принятия решений. Они также должны быть удобными для пользователя и напрямую соответствовать потребностям клиентов [8].

Ясно, что область применения является центральной для этой точки зрения. Важной особенностью этих систем является то, что

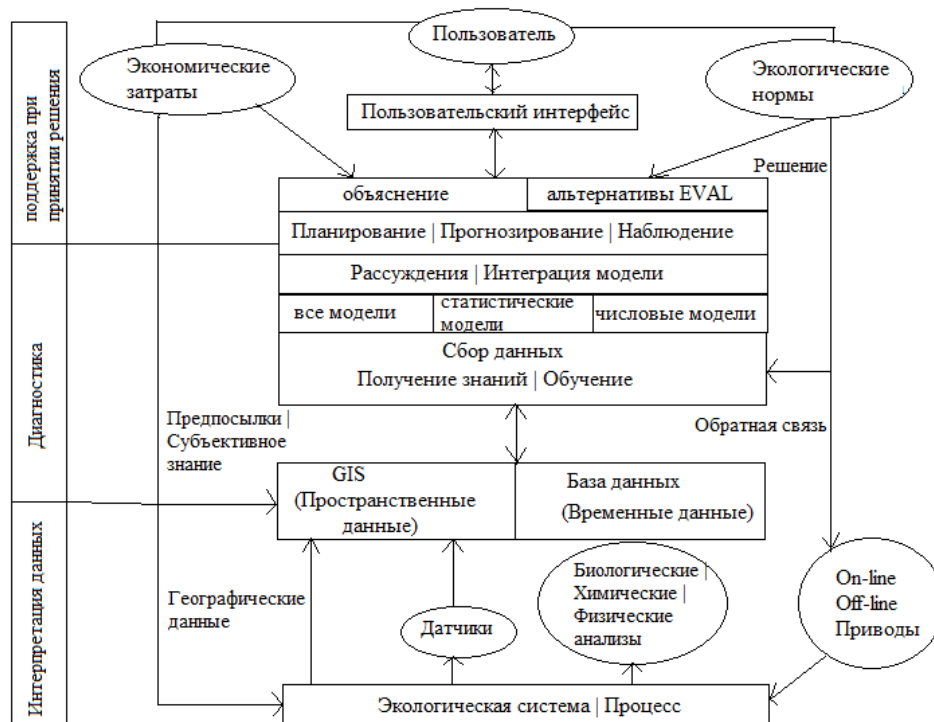


Рис. 1 – Системы поддержки экологических решений

они позволяют использовать и фиксировать специализированные знания из широкого спектра естественных наук. Эти специализированные знания могут включать среди прочего: а) эмпирические знания об организмах и окружающей их среде; б) ситуационные знания о местных условиях окружающей среды и их возможных отношениях с глобальной окружающей средой; в) субъективное знание человеческих убеждений, намерений, желаний и приоритетов; г) теоретические знания о биологических, физических и химических явлениях и т.д.

Существует четкое понимание того, что СППР в области окружающей среды, способный работать со всеми этими видами знаний, может быть полезен в процессе экологического менеджмента, который обычно состоит из четырех действий в следующем порядке. 1. Идентификация опасностей, которая включает критерии фильтрации и отбора, а также обоснование рассматриваемой деятельности. 2. Оценка риска, которая включает разработку количественных и качественных измерений опасности. Системы поддержки принятия экологических решений могут включать использование числовых и/или качественных моделей, которые могут производить оценки степени потенциальной опасности. 3. Оценка риска. После того, как потенциальные риски были оценены, можно ввести оценочные суждения относительно степени обеспокоенности определенной гипотезой. 4. Принятие решения о вмешательстве. Система нуждается в соответствующих методах контроля или снижения рисков. Система также требует знания контекста, в котором происходит деятельность, и должна уметь интерпретировать ее результаты, а также знания о методах балансировки риска и пользы. Идентификация опасностей связана в основном с интерпретацией данных и интеллектуальным анализом данных. Оценка риска связана с фазой диагностики проблемы [9]. Принятие решения о вмешательстве связано с методами поддержки принятия решений. СППР в области окружающей среды играет важную роль в снижении рисков, возникающих в результате взаи-

модействия человеческих обществ и их естественной среды.

3. Системы поддержки принятия экологических решений

В соответствии с классификацией, предложенной Риццоли и Янгом, системы поддержки принятия экологических решений можно разделить на две четко отделенные категории: СППР в области окружающей среды для конкретных проблем и СППР в области окружающей среды для конкретных ситуаций и проблем. СППР для конкретных задач предназначены для относительно узких экологических проблем (или областей), но они применимы к широкому кругу различных мест (или ситуаций). СППР для конкретных ситуаций и проблем адаптированы как к конкретной экологической проблеме, так и к конкретному месту. СППР EDSS не могут быть легко применены в новом месте, как многие KBS.

Кроме того, в той же статье Риццоли и Янг определяют набор желательных функций для идеального СППР, которые являются классическими в любой системе, основанной на знаниях:

- способность приобретать, представлять и структурировать знания в изучаемой области;
 - способность базы знаний (или базы предметной области) отделять данные от моделей (для повторного использования модели и создания прототипов).
1. Умение работать с пространственными данными (компонент ГИС).
 2. Способность предоставлять экспертные знания в интересующей области.
 3. Возможность эффективного использования для диагностики, планирования, управления и оптимизации.
 4. Умение помочь пользователю в постановке задачи и выборе методов решения.

СППР в области окружающей среды можно описать как многослойную систему, связывающую пользователя, возможно, ученого-эколога, с экологической системой или процессом. См. рис. 1, где изображена диаграмма СППР в области окружающей среды.

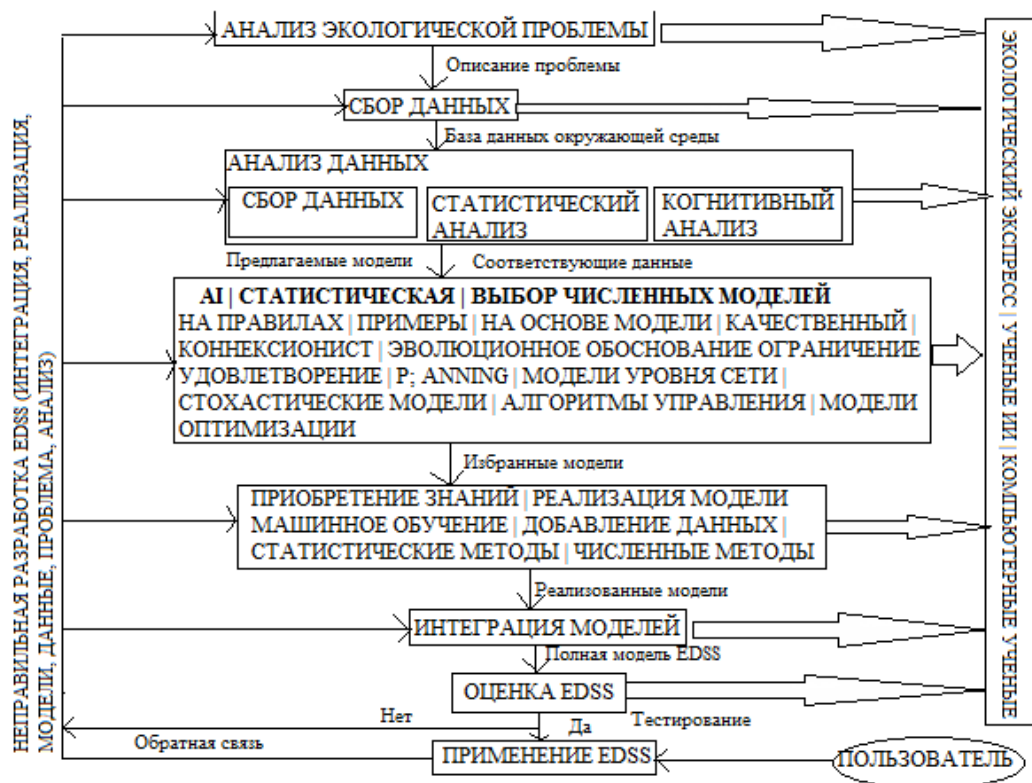


Рис. 2 – СППР в области окружающей среды.

Разработка СППО как сложной интегрированной базы знаний опирается на идею уточнения модели [11].

4. Использование и обучение многослойной нейронной сети

Создание СППР для решения экологических задач требует детального анализа всей информации. Одной из главных задач, стоящих перед нами – это обучить нейросеть принимать наиболее правильное решение на основе имеющихся данных. Глубинное обучение – это по сути техника обучения нейросети, которая использует множество слоев для решения сложных проблем (например, распознавания речи) с помощью шаблонов [12]. Если рассматривать машинное обучение как ответвление или вариант работы искусственного интеллекта, то глубинное обучение – это специализированный тип такого ответвления. То есть, для достижения цели этого мы предлагаем использовать нейронные сети, использующие обучение с учителем. Во время прямого прохода все синаптические

веса сети фиксированы. Во время обратного прохода все синаптические веса настраиваются в соответствии с правилом коррекции ошибок, а именно: фактический выход сети вычитается из желаемого, в результате чего формируется сигнал ошибки. Этот сигнал впоследствии распространяется по сети в направлении, обратном направлению синаптических связей. Отсюда и название – алгоритм обратного распространения ошибки. Синаптические веса настраиваются с целью максимального приближения выходного сигнала сети к желаемому.

Введем следующие обозначения: X_i – входной вектор, Y_i – выходной вектор, $w_{i,j}^k$ – i -ый весовой коэффициент j -го нейрона k -го слоя, b_i^k – порог i -го нейрона k -го слоя, d_i – эталонное выходное значение i -го нейрона. Выходное значение j -го нейрона k -го слоя вычисляется по формуле:

$$Y_j^k = F\left(\sum w_{i,j}^k Y_i^{k-1} - b_j^k\right)$$

Выходное значение j -го нейрона выходного слоя вычисляется по формуле:

$$Y_j = F \left(\sum w_{ij} Y_i^{n-1} - b_j \right)$$

Функционал ошибки сети равен $E = \frac{1}{2} \sum_j (Y_j - d_j)^2$, где $\gamma_j = Y_j - d_j$ ошибка j -го нейрона выходного слоя. Ошибка j -го элемента k -го скрытого слоя

$$\begin{aligned} \gamma_j^k &= \frac{\partial E}{\partial Y_j^k} = \sum_j \frac{\partial E}{\partial Y_j} \frac{\partial Y_j}{\partial S_j} \frac{\partial S_j}{\partial Y_j^k} \\ &= \sum_j \frac{\partial E}{\partial Y_j} \frac{\partial Y_j}{\partial S_j} w_{ij} \\ &= \sum_j (Y_j - d_j) F'(S_j) w_{ij} \\ &= \sum_j \gamma_j F'(S_j) w_{ij} \end{aligned}$$

Градиенты ошибок равны

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial E}{\partial Y_j} \frac{\partial Y_j}{\partial S_j} \frac{\partial S_j}{\partial w_{ij}} = \gamma_j F'(S_j) Y_j^k$$

$$\frac{\partial E}{\partial b_j} = \frac{\partial E}{\partial Y_j} \frac{\partial Y_j}{\partial S_j} \frac{\partial S_j}{\partial b_j} = -\gamma_j F'(S_j)$$

$$\frac{\partial E}{\partial b_{ij}} = \sum_j \frac{\partial E}{\partial Y_j} \frac{\partial Y_j}{\partial S_j} \frac{\partial S_j}{\partial Y_j^{k-1}} \frac{\partial Y_j^{k-1}}{\partial S_j^{k-1}} \frac{\partial S_j^{k-1}}{\partial b_{ij}} = \gamma_j F'(S_j^k) Y_j^k$$

Весовые коэффициенты и смещения нейронов вычисляются по формулам:

$$w_{ij}^k(t+1) = w_{ij}^k - \alpha \gamma_j^k F'(S_j^k) Y_j^k$$

$$b_j^k(t+1) = b_j^k - \alpha \gamma_j^k F'(S_j^k)$$

Алгоритм обучения многослойной НС. 1. Задаются шаг обучения α ($0 < \alpha < 1$) и желаемая среднеквадратичная ошибка сети E_m . 2. Инициализируются случайным образом весовые коэффициенты w_{ij}^k и пороговые b_j^k значения НС. 3. Подаются последовательно образы из обучающей выборки на вход нейронной сети. При этом для каждого образа выполняются следующие действия: а) производится фаза прямого распространения входного образа по нейронной сети. Вычисляется выходное значение всех нейронов Y_j^k ; б) вычисляются ошибки γ_j нейронов выходного и скрытого слоев; в) производится изменение

весовых коэффициентов и порогов нейронных элементов для каждого слоя нейронной сети. 4. Вычисляется суммарная ошибка нейронной сети E . 5. Если $E > E_m$, то происходит переход к шагу 3, иначе выполнение алгоритма завершается.

Заключение

В этой статье рассказывается как методы искусственного интеллекта применялись для решения экологических проблем и как они открыли новые возможности для разработки и применения инструментов искусственного интеллекта, а именно систем поддержки экологических решений. Многие из этих систем были специально применены для оценки воздействия на окружающую среду.

Количество приложений СППР растет очень быстро, и это касается не только традиционных аппаратных устройств. Несмотря на это положительное впечатление, приложения ИИ для решения экологических проблем уступают системам ИИ в других областях, таких как медицина или производство. С появлением Интернета возможности подключения машин и датчиков позволяют распределять вычисления, открывая новые и дешевые способы эффективного решения проблем. Использование Интернета и/или интрасети упрощает доступ к хранимой информации, что позволяет лучше контролировать последствия действий и решений; также сократится время для принятия и утверждения решений. Более того, коллективная память организации могла бы лучше поддерживаться и быть более полезной в качестве базы случаев или базы знаний.

По мере того как СППР становится более удобной для пользователя, время изучения их функций сокращается, поэтому больше людей могут участвовать - на своем уровне ответственности - в процессе принятия решений. Важность местных решений возрастает за счет использования кооперативных систем. По мере того, как местные и глобальные решения могут приниматься и совместно использоваться быстрее, ожидается, что эффективность действий будет расти.

Ключом к полезным компьютерным системам поддержки принятия решений является интеграция. Базовая концепция интеграции признает, что в любой данной программной системе для реальных приложений несколько источников информации, более од-

ного представления или модели проблемы, различные методы решения проблем и, наконец, многогранный и проблемно-ориентированный интерфейс должны быть объединены в общую структуру, чтобы обеспечить реалистичную и полезную информационную базу.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Дж. Томсон. Искусственный интеллект и экологическая этика. AI Applications, vol. 11. – Вып. 1. – 1997. – С. 69-73.
2. Редько В.Г. Эволюция, нейронные сети, интеллект: Модели и концепции эволюционной кибернетики / В.Г. Редько. - Москва: СИНТЕГ, 2017. – 224 с.
3. С.Э. Йоргенсен и И. Йонсен. Принципы экологической науки и технологий. //Исследования в области наук об окружающей среде. Elsevier, vol. 33, 1989, ISBN 0-444-43024-5.
4. Дж. Харт, И. Хант и В. Шанкараман. Системы управления окружающей средой – роль ИИ?. В Workshop Binding Environmental Sciences and Artificial Intelligence (BESAI'98). – Под редакцией У. Корте. 's and M. Sa'nchez-Marre', 1998. – С. 1-10.
5. Ясницкий Л.Н. Введение в искусственный интеллект: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений /Леонид Нахимович Ясницкий. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 176 с.
6. Аверкин А.Н., Батыршин И.З., Блишун А.Ф., Силов В.Б., Тарасов В.Б. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта /Под ред. Поспелова Д.А. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
7. Аверкин А.Н., Батыршин И.З., Блишун А.Ф., Силов В.Б., Тарасов В.Б. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта /Под ред. Поспелова Д.А. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
8. Сюдов А., Роуз Х. и Руфегер О. Устойчивое развитие и комплексная оценка. Ercim News, vol. 34, 32, 1998.
9. Остром Э. Управление общинами: эволюция институтов коллективных действий, Cambridge University Press, 1991, ISBN 0-521-37101-5.
10. Ф.Дж. Радермахер, В.Ф. Рикерт, Б. Пейдж и Л.М. Хилти. Тенденции в обработке экологической информации. //Тринадцатый Всемирный компьютерный конгресс 94. – Под редакцией К. Брунштейна и Э. Раубольда, 1994. – Т. 2. – С. 597-604.
11. Г. Стефанопулос и К. Хан. Интеллектуальные системы в технологическом процессе: обзор. Computers Chem. Engng., Vol. 20, №№ 6/7, 1996. – С. 743-791.
12. Н.М. Авурис и Б. Пейдж (ред.). Экологическая информатика: методология и приложения обработки экологической информации, Kluwer, 1995, ISBN 0-7923-3445-0.
13. Робертсон Д., Банди А., Мютцельфельдт Р., Хаггит М., Ушольд М., Есо-Logic. Логические подходы к экологическим моделям, MIT Press, 1991, ISBN 0-262-18143-6.