

УДК 004.82

ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ

Юсупова Н.И., Сметанина О.Н., Агадуллина А.И., Рассадникова Е.Ю.
*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»,
Уфа, e-mail: yussupova@ugatu.ac.ru, smoljushka@mail.ru,
aygul.agadullina@gmail.com, rassadnikova_ekaterina@mail.ru*

В статье отражены вопросы организации информационной поддержки управленческих решений в сложных системах. Обоснованы сложность и открытость производственных систем, описаны их IT-инфраструктура, особенности управленческой деятельности. Приведенная концептуальная модель поддержки принятия решений для производственных систем с учетом IT-инфраструктуры, включающая универсальные концепты, отношения и функции, которые дополнены специальными из области экологического менеджмента, будет положена в основу информационного обеспечения и системных моделей локальных бизнес-приложений. Описана постановка задачи организации информационной интеллектуальной поддержки принятия решений на примере экологического менеджмента. Приведены системные модели и математическое обеспечение бизнес-приложений системы экологического менеджмента для проведения риск-ориентированного аудита качественной и количественной оценки уровня экологической эффективности на предприятии. Показаны производственные правила, позволяющие выработать рекомендации для повышения уровня экологической безопасности.

Ключевые слова: моделирование, информационная поддержка принятия решений, интеллектуальная поддержка принятия решений, распределенные базы данных, системная модель, концептуальная модель, математическая модель

PROBLEMS OF MODELLING IN PROVIDING OF INTELLECTUAL SUPPORTING MANAGERIAL DECISIONS IN COMPLEX SYSTEMS

Yusupova N.I., Smetanina O.N., Agadullina A.I., Rassadnikova E.Yu.
*Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: yussupova@ugatu.ac.ru, smoljushka@mail.ru,
aygul.agadullina@gmail.com, rassadnikova_ekaterina@mail.ru*

Problems of organization of information support for managerial decisions in complex systems are reflected in the article. The complexity and openness of the production systems are substantiated, IT-infrastructure, characteristics of management activities are described. The conceptual model of decision support to production systems taking into account IT-infrastructure is given; it includes universal concepts, relations and functions, which are supplemented by special concepts, relations and functions from field of environmental management. This model will be the basis for the system models and information support of local business applications. The problem statement of organization of information intellectual support of decision-making by the example of environmental management is described. The system model and mathematical support of business applications of environmental management system to perform of risk-based audit for qualitative and quantitative assessment of environmental performance level in the enterprise are presented. The presented production rules allow making recommendations for improving level of ecological safety.

Keywords: modelling, information support decision-making, intelligent support decision-making, distributed databases, system model, conceptual model, mathematical model

В настоящее время в российской экономике особое значение отводится проблемам повышения эффективности деятельности как всего предприятия в целом, так и его вспомогательных служб.

В рамках своей деятельности предприятия выстраивают различные связи с другими организациями, в том числе путем обмена ресурсами, что позволяет отнести их к открытым системам. Множество различных взаимосвязанных элементов (оборудование, материалы, персонал, готовая продукция, финансы, транспортные средства и пр.); разнообразие решаемых в процессе хозяйственной деятельности предприятия задач и используемой для их решения ин-

формации, классифицирует предприятия как большие системы. Недостаточность информационных ресурсов для принятия управленческих решений позволяет считать их сложными. А это, в свою очередь, влечет за собой необходимость актуализации информационных процессов для достижения ее цели, что требует своевременной обработки информации.

Используемые для принятия решений информационные объекты (текст, число, графика) могут храниться в базах данных действующих информационных систем, являться интернет-ресурсами, быть полученными с датчиков или быть результатом предварительной обработки информации.

В процессе управленческой деятельности решаются формализуемые, неформализуемые или слабоформализуемые задачи. Для каждого класса задач используются свои методы и технологии обработки. Все это говорит о сложности управленческой деятельности и, как следствие, о необходимости автоматизации процесса принятия решений.

Одним из направлений сокращения сложности системы выступает ее декомпозиция. Для этого в статье будет рассмотрен один из видов производственного менеджмента, в частности экологический.

Развитие информационных технологий позволяет решать все более новые задачи. Для повышения эффективности управленческих решений широко используются ресурсы IT инфраструктуры в виде MRP, ERP, CSRP, CRM, MES, CPM, HRM, EAM и другие классы систем. Однако подобные системы не всегда учитывают всю специфику деятельности предприятия, как в плане неполноты функционала, так и в плане применяемых математических методов, что требует разработки локальных бизнес-приложений. Особенно часто возникает необходимость разработки таких IT-приложений для решения управленческих задач на вспомогательных производствах и службах предприятий (подразделения, занимающиеся природоохранной деятельностью, транспортировкой, кадрами и пр.).

Несмотря на то, что вопросы организации информационной поддержки управленческой деятельности отражены в работах многих специалистов, среди которых можно отметить Д.А. Новикова, Г.С. Поспелова, Д.А. Поспелова, Э.В. Попова, В.В. Трофимова, Э.А. Трахтенгерца, А. Ньюэлла, Г. Саймона, в том числе и специалистов научной школы УГАТУ – Б.Г. Ильясова, Л.Р. Черняховской, Н.И. Юсуповой и др. [5–8], ряд аспектов по-прежнему остается недостаточно отраженным в публикациях.

В статье приводится разработанная с использованием онтологического инжиниринга концептуальная модель поддержки принятия управленческих решений с учетом IT-инфраструктуры производственных систем, включающая универсальные концепты, отношения и функции, которые дополнены специальными из области экологического менеджмента, будет положена в основу информационного обеспечения и системных моделей локальных бизнес-приложений, рассмотрены вопросы разработки системных и математических моделей для экологического менеджмента.

Концептуальная модель поддержки принятия управленческих решений для производственных систем

Термин «концептуальная модель» имеет несколько определений. В данной статье под концептуальной моделью будем понимать модель предметной области, состоящей из перечня взаимосвязанных понятий, используемых для описания этой области, вместе со свойствами и характеристиками, классификацией этих понятий, по типам, ситуациям, признакам в данной области и законов протекания процессов в ней [10]. Предложенная авторами концептуальная модель построена с использованием онтологического инжиниринга и включает комплекс онтологических моделей, учитывающих: универсальные концепты (C^U , абстрактные группы, коллекции или наборы объектов), отношения (R^U , атрибут, значением которого является другой объект) и функции (F^U , функция интерпретации (аксиоматизация), заданных на концептах и/или отношениях онтологии), характерные для:

- а) IT инфраструктуры предприятия (C^U_{IT} , R^U_{IT} , F^U_{IT}),
- б) менеджмента предприятия (C^U_M , R^U_M , F^U_M),
- в) поддержки принятия решений (C^U_{PPR} , R^U_{PPR} , F^U_{PPR}) и специфические концепты (C^S), отношения (R^S) и функции (F^S) отдельных видов менеджмента (C^S_T , R^S_T , F^S_T , C^S_E , R^S_E , F^S_E).

IT-инфраструктура представляет собой совокупность имеющихся в организации сервисов, систем, сетей, аппаратных и программных средств, данных, автоматизированных процессов. Между элементами IT-инфраструктуры существуют многочисленные взаимосвязи, которые могут быть как явными, так и опосредованными.

При рассмотрении экологического менеджмента следует отметить, что инструментом оценки эффективности системы экологического менеджмента (СЭМ), как правило, является экологический аудит. В последнее время экологический аудит, как внешний, так и внутренний, постепенно из инструмента контроля за соблюдением экологических норм превращается в экономический инструмент стимулирования природоохранной деятельности предприятия и повышения уровня СЭМ [1–3].

Концептуальная модель (рис. 1) с учетом того, что универсальные концепты, отношения и функция дополнены специальными из области экологического менеджмента, будет положена в основу информационного обеспечения и системных моделей локальных бизнес-приложений. Одним из элементов информационного обеспечения будет являться онтология.

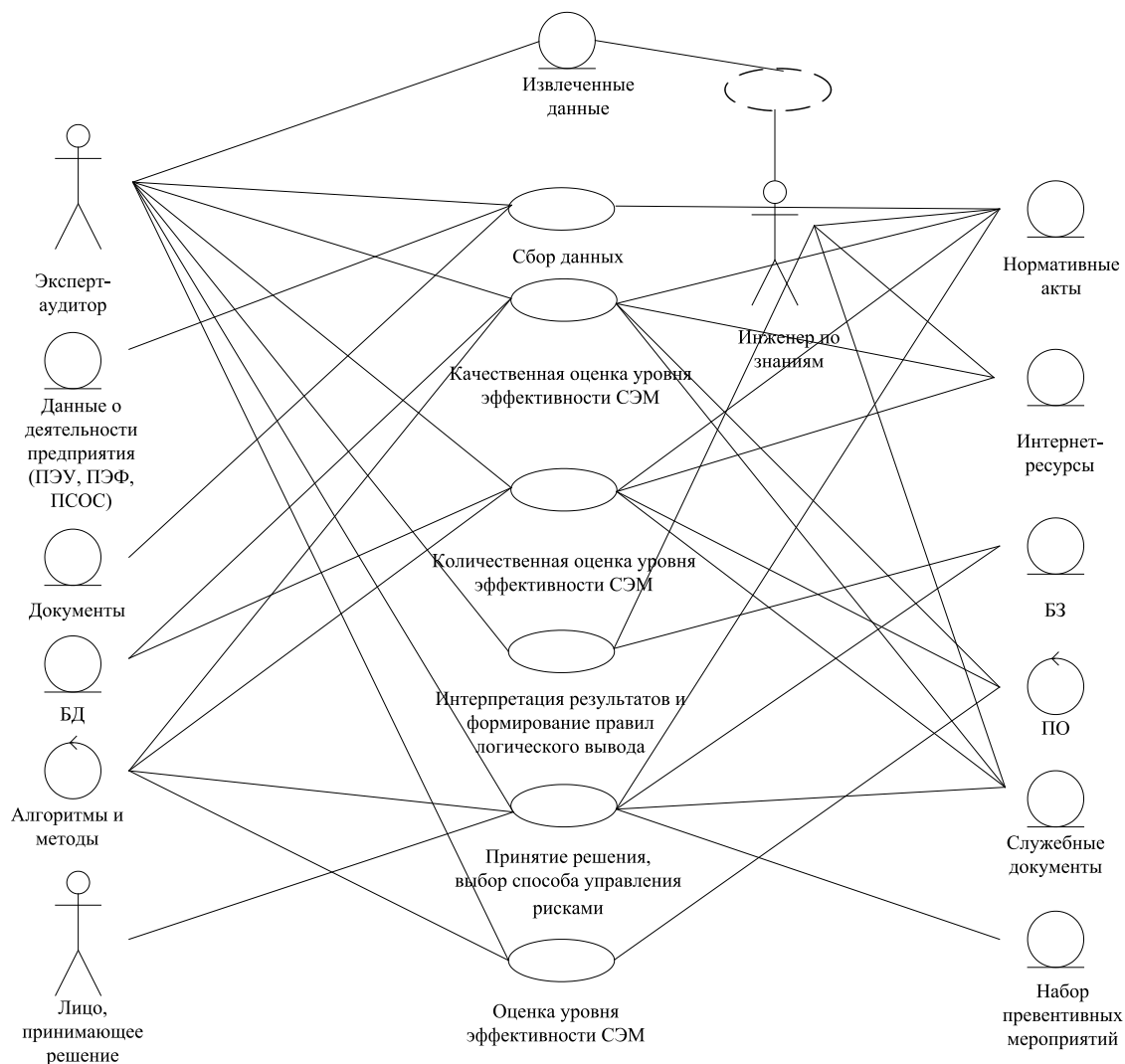


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования верхнего уровня

Анализ большого количества документов, большого объема данных, положенных в основу сложных расчетов, а также значительные временные затраты, неполнота и неточность полученных данных в процессе проведения аудита требуют автоматизации по выработке рекомендаций для принятия дальнейших управленческих решений [9]. И как следствие, для автоматизации процедуры выработки рекомендаций с целью принятия дальнейших управленческих решений необходимо разработать системные модели, математические модели, методы и алгоритмы, которые будут составлять основу системы поддержки принятия решений в виде локальных бизнес-приложений для экологического менеджмента.

Системные модели локальных бизнес-приложений для экологического менеджмента

Для разработки системных моделей используются объектно-структурный и субъект-объектный подходы. Объектно-структурный подход предложен, поскольку одним из его базовых методов является метод объектно-структурного моделирования сложных производственных систем (например, корпоративных информационных систем, которые представляют элемент IT-инфраструктуры). Логично для разработки надстройки над системами такого класса для реализации поддержки управленческих решений использовать тот же метод. Другими составляющими указанного подхода являются:

а) логистический подход, для которого характерно, что каждое состояние исследуемого объекта и их совокупность рассматриваются во взаимосвязи, преемственности и развитии, в переходе к качественно новому состоянию;

б) методология объектно-ориентированного анализа и проектирования как технология разработки программных систем, в основу которой положена объектно-ориентированная методология представления предметной области в виде объектов, являющихся экземплярами соответствующих классов.

Разработанный комплекс UML моделей для реализации локальных бизнес-приложений (рис. 2) с использованием ресурсов IT-инфраструктуры по организации поддержки принятия решений в производственных системах дополнен обзорными (функциональными) диаграммами бизнес-процессов (объектно-структурный подход) и моделью деятельности (управления) (субъект-объектный подход) [9].

Формализованное представление объектов концептуальных классов на осно-

ве методологии объектно-ориентированного анализа представлено двойкой вида $Class = \langle A_{Class}, O_{Class} \rangle$, где A_{Class}, O_{Class} – специфические атрибуты и операции концептуального класса.

Еще одной из составляющих объектно-структурного подхода выступает современная концепция построения систем оперативной транзакционной обработки данных, которая может быть использована только для БД локального бизнес-приложения.

В основе субъект-объектного подхода лежит определенный тип взаимодействия между субъектом управления и объектом управления или между управляющей системой и управляемой системой.

Оригинальность системных моделей для программной реализации обеспечивается предложенными задачами, решаемыми в рамках экологического менеджмента для обеспечения информационной поддержки управленческих решений, и требующиеся для их решения информационные объекты, IT инфраструктура.

Таблица 1

Комплекс математических моделей и методов

Этапы экологического аудита на основе риск-ориентированного подхода	Математические методы для этапов экологического аудита
<p>Этап проведения экологического аудита связан:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● с проверкой на соответствие стандартам, с оценкой экологических показателей деятельности предприятия; ● с качественной оценкой уровня экологической эффективности (ЭЭ) предприятия; ● с идентификацией и оценкой значимости экологических аспектов; ● с оценкой риска экологических аспектов; ● оценивается вероятность превышения нормативных показателей экологических аспектов; ● определяется размер возможного ущерба от превышения воздействия экологических аспектов на окружающую среду; ● с определением наиболее вероятного источника загрязнения; ● с количественной оценкой уровня ЭЭ предприятия 	<ul style="list-style-type: none"> ● шкалирование, скоринг; ● Receiver operating characteristic (ROC-анализ); ● метод многокритериальной оценки NAIADE; ● логико-вероятностный метод, ● байесовская иерархическая модель; ● байесовские сети доверия; ● логико-вероятностный метод
<p>Этап аудиторского отчета и заключения связан:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● с выводами о степени соответствия предприятия стандартам и требованиям природоохранного законодательства; ● с выводами о качественной и количественной оценке уровня ЭЭ предприятия и способах повышения уровня ЭЭ; ● с разработкой рекомендаций по снижению негативного воздействия на окружающую среду: ● разработкой модели страхования с учетом показателей риска ЭЭ; ● формированием набора превентивных мероприятий; ● выбором инвестиционного проекта для повышения уровня ЭЭ; ● расчетом капитала, необходимого для покрытия катастрофических убытков 	<ul style="list-style-type: none"> ● методика определения рисков составляющей брутто-премии; ● модель стохастического программирования; ● метод многокритериальной оценки; ● вершина сверхпорога

Фрагмент базы правил [8]

№	Правило
Rule 1	ЕСЛИ предварительный уровень ЭЭ средний И показатель «совокупный риск / производственные затраты» в диапазоне от [a,b), ТО класс ЭЭ средний и способ повышения уровня ЭЭ – аутсорсинг (степень уверенности 0,3)
Rule 2	ЕСЛИ предварительный уровень ЭЭ средний И показатель «совокупный риск / производственные затраты» в диапазоне от [a,b), ТО интегральный класс ЭЭ средний и способ повышения уровня ЭЭ – сокращение риска (степень уверенности 0,7)

Математическое и информационное моделирование в задачах экологического менеджмента

Математическое обеспечение проведения экологического аудита как инструмента оценки уровня эффективности СЭМ, проходящего в два этапа, включает комплекс математических моделей и методов (табл. 1). Частично комплекс моделей и методов представлен авторами ранее [4].

Информационное моделирование включает как информационные модели для реализации баз данных, так и модели представления знаний в виде онтологии и продукционных правил для реализации баз знаний. Примерами продукционных правил могут служить следующие (табл. 2).

Заключение

Разработанная с использованием онтологического инжиниринга концептуальная модель поддержки принятия решений для производственных систем, оперируя концептами предметной области, отношениями между ними и функциями, позволяет единообразно воспринимать концепты разными специалистами и восстановить все логические связи.

Предложенные системные модели, использующие объектно-структурный и субъект-объектный подходы, учитывают то, что являются основой для разработки локальных бизнес-приложений, являющихся надстройкой над имеющимися на предприятии информационными системами – элементами ИТ-инфраструктуры. Оригинальность системных моделей обеспечивается предложенными задачами, решаемыми в рамках экологического менеджмента для обеспечения информационной поддержки управленческих решений.

Сформулированные на основе результатов проведения экологического аудита продукционные правила обеспечивают информационную поддержку ЛППР по выбору рекомендаций для повышения уровня экологической безопасности.

Результаты, приведенные в статье, частично поддержаны грантами РФФИ 16-07-00773, 15-07-01565.

Список литературы

1. Агадуллина А.И. Система поддержки принятия решений при управлении экологической эффективностью промышленного предприятия: Автореф. дис. ... кандидата технических наук: 05.13.01 [Место защиты: Уфимс. гос. авиац. техн. ун-т] – Уфа, 2014. – 18 с.
2. ГОСТ ИСО 14001:2004 Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению [Электронный ресурс] URL: http://opengost.ru/iso/3065-gost-r-iso-14001-2007-iso-14001_2004-sistemy-ekologicheskogo-menedzhmenta.-trebovaniya-i-rukovodstvo-po-primeneniyu.html/.
3. ГОСТ Р ИСО 14031-2001. Управление окружающей средой. Оценка экологической эффективности. Общие требования. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 26 с.
4. Гузаиров М.Б. Математическое обеспечение системы поддержки принятия решений при управлении экологической эффективностью предприятия / М.Б. Гузаиров, М.А. Николаева, А.И. Агадуллина // Вестник УГАТУ. – 2014. – Т. 18, № 1 (62). – С. 95–105.
5. Инструментарий в системе поддержки принятия решений при управлении процессом разработки образовательной программы / Гузаиров М.Б., Юсупова Н.И., Сметанина О.Н. // Уфа: Изд. УНЦ РАН, 2010. – 106 с.
6. Инструментарий нейронных сетей при поддержке принятия решений по управлению образовательным маршрутом / Гузаиров М.Б., Юсупова Н.И., Сметанина О.Н., Галеева Н.И. // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2013. – № 3. – С. 21–25.
7. Информационная поддержка принятия решений для управления образовательным процессом на этапе разработки образовательных программ / Н.И. Юсупова, О.Н. Сметанина, М.М. Гаянова, А.В. Маркелова // Интеллектуальные системы управления (коллективная монография в рамках европейской программы TEMPUS / под ред. акад. С.Н. Васильева. – М.: Машиностроение, 2010. – С. 447–454.
8. Поддержка принятия решений при управлении академической мобильностью / Гузаиров М.Б., Юсупова Н.И., Сметанина О.Н., Козырева В.А. // Системы управления и информационные технологии. – 2011. – Т. 45. – № 3.1. – С. 131–136.
9. Сметанина О.Н. Информационное обеспечение системы экологического аудита на предприятии / О.Н. Сметанина, А.И. Агадуллина // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений: тр. 4-й Междунар. конф. (Уфа, 17–19 мая). – Уфа: УГАТУ, 2016. – Т. 2. – С. 159–164.
10. Толковый словарь по искусственному интеллекту / А.Н. Аверкин, М.Г. Гаазе-Рапопорт, Д.А. Поспелов (Компьютерная версия: И.Н. Листопад, А.Б. Прокудин, Е.Н. Щербаков) // (<http://www.raai.org/library/tolk/aivoc.html#L306>).

References

1. Agadullina A.I. Sistema podderzhki prinjatija reshenij pri upravlenii jekologicheskoy jeffektivnostju promyshlennogo predpriyatija: Avtoref. dis. ... kandidata tehniceskix nauk: 05.13.01 [Mesto zashhity: Ufims. gos. aviac. tehn. un-t] Ufa, 2014. 18 p.
2. GOST ISO 14001:2004 Sistemy jekologicheskogo menedzhmenta. Trebovaniya i rukovodstvo po primeneniju. [Jelektronnyj resurs] URL: http://opengost.ru/iso/3065-gost-r-iso-14001-2007-iso-14001_2004-sistemy-ekologicheskogo-menedzhmenta.-trebovaniya-i-rukovodstvo-po-primeneniyu.html/.
3. GOST R ISO 14031-2001. Upravlenie okruzhajushhej sredoj. Ocenivanie jekologicheskoy jeffektivnosti. Obshhie trebovaniya. M.: IPK Izd-vo standartov, 2001. 26 p.
4. Guzairov M.B. Matematicheskoe obespechenie sistemy podderzhki prinjatija reshenij pri upravlenii jekologicheskoy jeffektivnostju predpriyatija/ M.B. Guzairov, M.A. Nikolaeva, A.I. Agadullina // Vestnik UGATU. 2014. T. 18, no. 1 (62). pp. 95–105.
5. Instrumentarij v sisteme podderzhki prinjatija reshenij pri upravlenii processom raz-rabotki obrazovatelnoj programmy / Guzairov M.B., Jusupova N.I., Smetanina O.N. // Ufa: Izd. UNC RAN, 2010. 106 p.
6. Instrumentarij nejronnyh setej pri podderzhke prinjatija reshenij po upravleniju obra-zovatelnyh marshrutom / Gu-zairov M.B., Jusupova N.I., Smetanina O.N., Galeeva N.I. // Nejrokompyutery: razrabotka, primenenie. 2013. no. 3. pp. 21–25.
7. Informacionnaja podderzhka prinjatija reshenij dlja upravlenija obrazovatelnyh proces-som na jetape razrabotki obrazovatelnyh programm / N.I. Jusupova, O.N. Smetanina, M.M. Gajanova, A.V. Markelova // Intellektualnye sistemy upravlenija (kollektivnaja mono-grafija v ramkah evropejskoj programmy TEMPUS / pod red. akad. S.N. Vasileva. M.: Mashinos-troenie, 2010. pp. 447–454.
8. Podderzhka prinjatija reshenij pri upravlenii akademich-eskoj mobilnostju / Guzairov M.B., Jusupova N.I., Smetani-na O.N., Kozyreva V.A. // Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii. 2011. T. 45. no. 3.1. pp. 131–136.
9. Smetanina O.N. Informacionnoe obespechenie sistemy jekologicheskogo audita na pred-prijatii / O.N. Smetanina, A.I. Agadullina // Informacionnye tehnologii intellektu-alnoj podderzhki prinjatija reshenij: tr. 4-j Mezhdunar. konf. (Ufa, 17–19 maja). Ufa: UGATU, 2016. T. 2. pp. 159–164.
10. Tolkovyj slovar po iskusstvennomu intellektu / A.N. Averkin, M.G. Gaaze-Rapoport, D.A. Pospelov (Komp-juternaja versija: I.N. Listopad, A.B. Prokudin, E.N. Shherba-kov) // (<http://www.raai.org/library/tolk/aivoc.html#L306>).