



Ляшенко Е. Н.,
Шерстюк В. Г.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ КООРДИНАЦИИ СИЛ И СРЕДСТВ В ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ

Предложено свести задачу координации в слабоструктурированной иерархической системе гражданской защиты населения к задаче поддержки целенаправленного кооперативного принятия решений. Показано, что неявная координация может рассматриваться как процесс совместного поиска решений агентами в многоагентной модели с нормативным регулятором, а явная координация — как процесс согласования планов агентов.

Ключевые слова: иерархическая система, координация, многоагентная модель, нормативный регулятор.

1. Введение

Ежегодно в Украине возникают различного рода чрезвычайные ситуации (ЧС), которые приводят к гибели людей и наносят значительный материальный ущерб [1].

В соответствии с [2] принято выделять ЧС техногенного, природного, социально-политического и военного характера. Так, в течение девяти месяцев 2014 года в Украине зарегистрировано 98 ЧС, среди которых ЧС техногенного характера — 55, ЧС природного характера — 38, ЧС социального характера — 5; при этом погибло 207 человек (из них 19 детей) и пострадало 449 (из них 134 ребенка) [3]. По масштабам произошедшие ЧС можно классифицировать как государственного уровня — 4; регионального уровня — 8; местного уровня — 37; объектового уровня — 49 [4].

Возможность возникновения ЧС техногенного и природного характера влечет необходимость их предотвращения и ликвидации последствий. Для решения данных задач требуется четкая координация действий различных органов управления, а также интеграция сил, средств и материальных ресурсов для проведения поисковых, аварийно-спасательных и других видов работ [5]. Деятельность органов управления по предотвращению и ликвидации последствий ЧС предполагает планирование мероприятий, включающее распределение имеющихся в распоряжении ресурсов, сил и средств.

Влияние факторов неопределенности и субъективности, а также наличие динамических возмущений различной природы приводят к необходимости последующей корректировки выполняемых планов. Чем выше сложность и масштаб ЧС, тем труднее обеспечивать скоординированную работу привлекаемых объектов. Как правило, складывающийся в условиях ЧС дефицит времени на принятие решений усугубляет проблему координации, которая становится трудноразрешимой. Таким образом, развитие теоретического базиса координации объектов в условиях дефицита времени является важной и актуальной научной проблемой.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Вопросам координации динамических объектов в литературе посвящено недостаточное внимание. В классической работе [6] на основе теоретико-множественной концепции рассмотрены задачи координации в двухуровневых системах на примере технологических и организационно-технических процессов, и возможность распространения полученных результатов на многоуровневые системы. В [7] представлен подход к решению задач координации как локально-оптимизационных задач элементов многоуровневой иерархической системы и предложены итеративные и безитеративные алгоритмы координации для промышленных систем. В [8] на основе [6] предложены алгоритмы координации, основанные на нечетких множествах. В [9] рассматривались вопросы координации в условиях неопределенности для сложных производственных систем.

Предложенные в [6–10] модели и методы координации узкоспецифичны, и в условиях неопределенности информации для решения задачи координации требуют наличия адекватных математических моделей подсистем (координация системы управления) либо постановки оптимизационной задачи (координация решения задач) [10, 11].

В то же время, в ЧС возникает слабоструктурированная сложная динамическая система с многоуровневой иерархией, объекты которой функционируют в соответствии с планами и целенаправленно управляются ЛПР. В условиях дефицита времени принятие решений ЛПР зачастую нерационально, а под влиянием факторов неопределенности не может быть формализовано; соответственно, формальные модели систем указанного класса синтезировать невозможно, а модель предметной области, как правило, неполна и недостоверна. Таким образом, использование существующих подходов для построения моделей и механизмов координации при управлении объектами в ЧС не представляется возможным.

3. Объект, цель и задачи исследования

Объектом данного исследования является процесс управления в иерархической системе гражданской защиты населения.

Целью работы является формирование, и обоснование научных подходов к решению задачи координации в слабоструктурированных сложных иерархических динамических системах в условиях дефицита времени.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выполнить декомпозицию структуры управления иерархической системой защиты гражданского населения.

2. Разработать принципы и механизмы согласования и синхронизации целей, планов и действий органов управления различного уровня иерархии.

3. Разработать многоагентную модель, позволяющую получить решение задач координации в иерархической системе защиты гражданского населения.

4. Декомпозиция структуры управления иерархической системой гражданской защиты населения

На рис. 1 приведена структура иерархической системы (ИС) гражданской защиты населения (ГЗН) от чрезвычайных ситуаций.

ИС ГЗН состоит из территориальных и функциональных подсистем, имеет иерархическую структуру и четыре уровня управления:

- общегосударственный (ликвидация ЧС, которые развиваются на территории двух и более областей);
- региональный (ликвидация ЧС, которые развиваются на территории двух и более административных районов);
- местный (ликвидация ЧС, которые выходят за границы потенциально опасного объекта);
- объектовый (ликвидация ЧС, которые разворачиваются на территории объекта или самом объекте, и последствия которых не выходят за границы объекта).

В свою очередь, каждый уровень ИС ГЗН имеет:

- координирующие органы управления;
- постоянно действующие органы управления;
- органы повседневного управления;
- силы гражданской защиты населения и территорий от ЧС.

К координирующим органам управления ИС ГЗН относятся:

1) на общегосударственном уровне — Государственная комиссия по вопросам техногенно-экологической безопасности и чрезвычайных ситуаций, которая создается Кабинетом Министров Украины;

2) на региональном уровне — аналогичные Региональные комиссии, которые создаются областными государственными администрациями;



Рис. 1. Структура ИС ГЗН

3) на местном уровне — Комиссии районов, городов, районов в городах, поселков;

4) на объектовом уровне — Комиссии по вопросам ЧС предприятий, учреждений и организаций.

К постоянно действующим органам управления ИС ГЗН относятся:

1) на общегосударственном уровне — Кабинет Министров Украины, Государственная служба Украины по чрезвычайным ситуациям (ГСЧС), а также центральные органы исполнительной власти;

2) на региональном уровне — Областные и городские госадминистрации, подразделения по вопросам гражданской защиты, которые образуются в их составе, территориальные органы ГСЧС;

3) на местном уровне — районные госадминистрации, исполнительные органы городских советов, подразделения по вопросам гражданской защиты в их составе, подразделения территориальных органов ГСЧС;

4) на объектовом уровне — органы предприятий, учреждений и организаций, а также подразделения (должностные лица) по вопросам гражданской защиты.

К органам повседневного управления ИС ГЗН относятся:

1) на общегосударственном уровне — оперативно-дежурная служба государственного центра управления в чрезвычайных ситуациях ГСЧС, оперативно-дежурные (дежурные, диспетчерские) службы центральных органов исполнительной власти;

2) на региональном уровне — оперативно-дежурные службы пунктов управления областных и городских администраций, оперативно-дежурные службы центров управления в чрезвычайных ситуациях территориальных органов ГСЧС, оперативно-дежурные (дежурные, диспетчерские) службы территориальных органов центральных органов исполнительной власти, предприятий, учреждений и организаций;

3) на местном уровне — дежурные службы районных госадминистраций и исполнительных органов городских советов, оперативно-дежурные (дежурные, диспетчерские) службы территориальных органов центральных органов исполнительной власти, предприятий, учреждений и организаций;

4) на объектовом уровне — дежурные (диспетчерские) службы предприятий, учреждений и организаций.

В состав сил гражданской защиты населения от ЧС входят: оперативно-спасательная служба гражданской защиты, аварийно-спасательные службы, формирования гражданской защиты, специализированные службы гражданской защиты, пожарно-спасательные подразделения (части), добровольные формирования гражданской защиты.

При возникновении ЧС в соответствии с планом предотвращения и ликвидации последствий осуществляется координационное управление привлекаемыми силами, средствами и службами ИС ГЗН. Сложная многоуровневая иерархия управления (рис. 1) требует учета всех ее особенностей при реализации механизмов координации.

5. Принципы координации в иерархических динамических системах

Рассмотрим вопросы координации в ИС, образующихся органами управления в процессе совместной целенаправленной деятельности, при этом нижележащие органы являются для вышестоящего органа объектами управления.

Пусть имеется ИС Θ с n уровнями иерархии управления.

Зададим множество объектов:

$$A = \{A_{ij}\}, \quad (1)$$

где i — уровень управления, $i \in [1..n]$, содержащий m_i объектов; j — индекс конкретного объекта уровня i , $j \in [1..m_i]$.

Построим иерархию Y в виде тройки:

$$Y = \langle \perp, A, \prec \rangle, \quad (2)$$

где A — множество объектов иерархии; \prec — отношение нестрогого порядка, заданное над A ; \perp — наименьший элемент для \prec .

Отношение порядка \prec является отношением подчиненности: $A_{ij} \prec A_{kl}$ означает, что орган управления A_{ij} подчинен органу управления A_{kl} . Соответственно, A_{ij} является управляемым объектом, а A_{kl} — управляющим объектом, формирующим для A_{ij} (и других подчиненных объектов) управляющие воздействия.

В рамках ИС функция управления всяким объектом A_{ij} реализуется человеком-ЛПР, который целеустремленно (путем постановки цели, определения задач и выбора средств и ресурсов для их реализации) осуществляет принятие решений, поэтому объекты ИС могут быть отнесены к классу эргатических объектов второго рода, а сама ИС относится к классу полиэргатических систем [12].

Соответственно, ЛПР каждого из объектов A_{ij} принимает решения в соответствии с имеющейся установкой $Z_{ij} = \langle G_{ij}, Q_{ij}, R_{ij} \rangle$, включающей цели G_{ij} , критерии Q_{ij} и ограничения R_{ij} (например, на множестве доступных ресурсов либо по времени). Выполнение принятых ЛПР A_{ij} решений предполагает реализацию некоторой последовательности управляющих воздействий $[u_{ij1}, \dots, u_{ijl}]$, представляющей собой план P_{ij} (программу, процедуру, алгоритм) достижения цели G_{ij} , оптимальный с точки зрения субъективных установок Z_{ij} и отображающей процесс активности объекта A_{ij} в ИС. Управляющее воздействие u_{ijk} может рассматриваться как множество одновременно (в момент времени t_k) выполняемых действий $\{a_{1k}, \dots, a_{mk}\}$, каждое из которых изменяет определенный параметр состояния объекта A_{ij} .

По типу управления принято различать:

— ИС с гибким управлением, в которых управляющий объект устанавливает управляемому объекту A_{ij} цель G_{ij} , а план ее достижения P_{ij} формируется управляемым объектом самостоятельно;

— ИС со строгим управлением, в которых управляющий объект устанавливает каждому управляемому объекту A_{ij} план P_{ij} достижения цели G_{ij} , причем управляемый объект A_{ij} не может изменить P_{ij} ;

— ИС с нестрогим управлением, в которых управляющий объект устанавливает управляемому объекту A_{ij} план P_{ij} достижения цели G_{ij} , но управляемый объект может его корректировать, сохраняя неизменной установленную цель G_{ij} .

По характеру взаимодействия и поведения объектов ИС могут быть классифицированы следующим образом:

— на ИС с автономным поведением объектов (первого рода), где ЛПР самостоятельно (автономно и асинхронно) решают задачи управления объектами $A_{ij} \in A$ в пределах своих установок Z_{ij} ;

— на ИС с координированным поведением объектов (второго рода), в которых ЛПР согласовывают свою активность во времени (синхронизация) и/или в пространстве активности (путем упорядочения, придающего взаимодействию определенную организованность);

— на ИС с кооперативным поведением (третьего рода), где ЛПР объектов $A_{ij} \in A$ совместно пытаются достичь некоторой общей цели $G_{(i+1)k}$, установленной объектом согласовывая свои установки Z_{ij} по целям G_{ij} , критериям Q_{ij} и ограничениям R_{ij} .

Процесс кооперативного взаимодействия предполагает наличие плана совместного достижения поставленной цели и координацию усилий по его выполнению.

В ИС первого рода каждый из ЛПР A_{ij} решает задачу управления собственным объектом безотносительно

цели самой ИС. В ИС второго рода присутствует неявный или явный координатор, называемый нормативным регулятором (НР), осуществляющий регулирование активности объектов и ответственный за распределение активности во времени (т. е. планирование).

Координация может осуществляться неформально или формально (табл. 1).

Таблица 1

Формы координации активности в ИС

Формы координации	Неявная	Явная
Неформальная	добровольная, на уровне самоорганизации системы	с помощью решений нормативного регулятора или ответственного ЛПР
Формальная	добровольное выполнение нормативных предписаний	с помощью нормативных процедур и правил нормативного регулятора

Неформальная координация строится на общих установках и стереотипах активности, требующих совместного согласованного взаимодействия и может рассматриваться как задача кооперативного принятия решений.

При формальной координации задается конечное множество правил и процедур, регулирующих процесс взаимодействия.

Формальная неявная координация предполагает взаимодействие объектов с НР в формате «запрос-ответ» по собственной инициативе объектов (рис. 2).

Формальная явная координация предполагает прямые нормативные воздействия НР на объекты (с инициативой НР).

Координация может быть сосредоточенной, если НР содержится в управляющем объекте, и разнесенной, если существует самостоятельный, независимый от управляющих объектов НР.

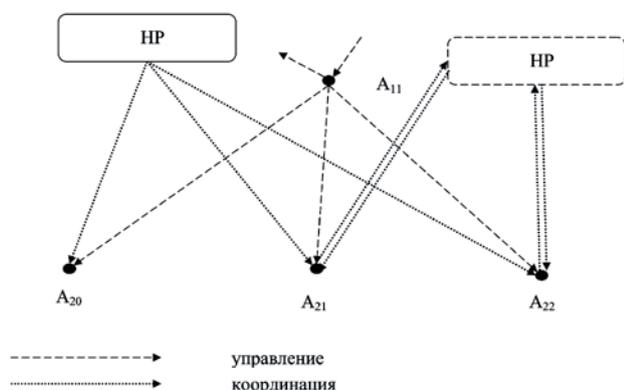


Рис. 2. Формальная координация в иерархических системах

Нормативный регулятор (НР) оказывает на взаимодействующие объекты $A_{ij} \in A$ координирующие воздействия $c_z : P_{ij} \rightarrow P'_{ij}$, устанавливая на основе наблюдаемых параметров состояния ИС отношения частичного порядка во времени и пространстве между элементами их активности (действиями a_{ijk}), определяя тем самым их взаимные обязанности, приоритет и последовательность действий и, соответственно, корректируя их планы. Необходимо отметить, что НР, как правило, является неполным и недоопределенным, поскольку невозможно

предвидеть исчерпывающее множество складывающихся ситуаций, а в некоторых ситуациях — и противоречивым, что приводит к существенному усложнению задачи координации.

Так как ЛПР A_{ij} в Θ реализует целенаправленное управление посредством принятия решений (при этом цель G_{ij} либо устанавливается им самостоятельно, либо задается свыше управляющим объектом), процесс управления объектом может рассматриваться как состоящий из двух этапов: вначале происходит собственно принятие решений — планирование действий в пространстве активности ИС, затем происходит выполнение принятых решений.

Поскольку в процессе принятия и выполнения решений объекты ИС взаимодействуют, оказывая взаимное влияние друг на друга, изменяя среду взаимодействия и пространство активности ИС, а также вследствие внешних воздействий на ИС, запланированные действия могут потребовать корректировки для компенсации возникающих возмущений.

Соответственно, процесс координации можно рассматривать как:

- координацию *решений*, производимую в процессе принятия решений, и в целеустремленных системах сводимую к координации целей и координации планов;
 - координацию *действий*, производимую непосредственно в процессе выполнения решений.
- По объекту координации решений различают:
- координацию в пространстве целей, предполагающую согласование частных целей G_{ij} взаимодействующих объектов A_{ij} для достижения общей цели $G_{(i+1)k}$, устанавливаемой управляющим объектом $A_{(i+1)k}$;
 - координацию в пространстве ограничений (ресурсов), предполагающую согласование множеств ограничений R_{ij} взаимодействующих объектов A_{ij} таким образом, что $R_{(i+1)k} = \bigcup_{j=1}^{m(i+1)} R_{ij}$;
 - координацию в пространстве критериев, предполагающую согласование множеств критериев принятия решений Q_{ij} взаимодействующих объектов A_{ij} ;
 - координацию планов, предполагающую согласование планов P_{ij} взаимодействующих объектов A_{ij} управляющим объектом $A_{(i+1)k}$.

Координация действий, как правило, сводится к:

- координации управляющих воздействий, предполагающую согласование выполняемых взаимодействующими объектами A_{ij} конкретных управляющих воздействий в рамках плана P_{ij} ;
- координации по времени, предполагающей согласование во времени моментов приложения управляющих воздействий для различных взаимодействующих объектов A_{ij} , и фактически сводимой к задаче синхронизации.

Координация действий может производиться для тех объектов, у которых на этапе координации решений согласованы цели либо планы.

Можно выделять также внутриуровневую координацию, когда НР и взаимодействующие объекты находятся на одном уровне иерархии, и межуровневую координацию, когда НР находится на уровне выше, чем взаимодействующие объекты.

Для ИС ГЗН характерно использование внутриуровневой формальной неявной координации и межуровневой явной (формальной либо неформальной)

координации; координация решений характерна для этапа планирования операции по предотвращению и ликвидации последствий ЧС, а координации действий – на этапе реализации планов.

Несмотря на наличие НР, принятие решений ЛПР объектов является во многом субъективным, и происходит в условиях неопределенности: как правило, наблюдения ЛПР за ИС неполны и неточны, а сама ИС подвергается стохастическим воздействиям внешней среды. Дополнительную негативную роль играют нестационарность, нелинейность и инерционность среды, препятствующие созданию адекватных математических моделей.

Перечисленные особенности процесса координации, а также влияние факторов неопределенности и субъективности позволяют отнести ИС ГЗН к классу слабоструктурированных систем, а проблемы координации ИС ГЗН – к классу сложных и трудноформализуемых проблем.

6. Решение задачи координации ИС ГЗН

Целесообразно сводить проблемы координации к проблемам поддержки целенаправленного кооперативного принятия решений при наличии НР. Для осуществления поддержки необходимо построить модель совместного принятия решений в ИС ГЗН, используя парадигму многоагентного моделирования [13–17].

Многоагентная модель представляет ИС в виде множества отдельно специфицируемых активных подсистем, называемых агентами. Каждый из агентов взаимодействует с другими агентами, образующими для него внешнюю среду, и в процессе функционирования может изменять как внешнюю среду, так и свое поведение. Множество агентов образует многоагентную систему (МАС), являющуюся моделью ИС.

Модель ИС ГЗН Θ основывается на принципе замещения каждого из объектов A_{ij} множества A его моделью – агентом, действующим автономно и асинхронно по отношению к остальным агентам. Согласно принципу распределенного управления, каждый объект A_{ij} , отрабатывая собственные действия по плану P_{ij} , изменяет состояние ИС Θ , используя те или иные управляющие воздействия, и при этом согласовывая (или не согласовывая) их с другими взаимодействующими объектами.

Совместный поиск каждым объектом A_{ij} из множества A способов и путей достижения целей G_{ij} , приводит к их взаимодействию. Таким образом, МАС является в первую очередь моделью взаимодействия и, соответственно, должна представлять собой нормативную коммуникативную среду, а замещающей моделью объекта может служить модель планирующего интеллектуального агента (ИА) [14, 15], которую можно представить как:

$$M_{ij}(t) = \left\langle \begin{matrix} EM_{ij}(t), NM_{ij}(t), MM_{ij}(t), LCM_{ij}(t), \\ G_{ij}(t), P_{ij}(t), IS_{ij}(t), SOL_{ij}(t), CTL_{ij} \end{matrix} \right\rangle, \quad (3)$$

где $EM_{ij}(t)$ – модель окружения A_{ij} в момент времени t ; $NM_{ij}(t)$ – модель НР; $MM_{ij}(t)$ – модель активности ИА A_{ij} ; $LCM_{ij}(t)$ – логико-когнитивная модель ИА A_{ij} в момент времени t ; $G_{ij}(t)$ – цель активности ИА A_{ij} в момент времени t ; $P_{ij}(t)$ – план активности, вы-

полняемый ИА A_{ij} в момент времени t ; $IS_{ij}(t)$ – информационная структура ИА в момент времени t ; $SOL_{ij}(t)$ – решатель ИА A_{ij} , используемый в момент времени t ; CTL_{ij} – управляющий модуль ИА A_{ij} .

Информационная структура ИА A_{ij} состоит из следующих элементов:

$$IS_{ij} = \langle DB_{ij}, KB_{ij}, \langle MM_{ij} \rangle, \langle LCM_{ij} \rangle, \langle G_{ij} \rangle, \langle P_{ij} \rangle, \langle \mathcal{U}_{ij} \rangle \rangle, \quad (4)$$

где $\langle MM_{ij} \rangle$ – библиотека моделей активности; $\langle LCM_{ij} \rangle$ – библиотека доступных логико-когнитивных моделей; $\langle G_{ij} \rangle$ – библиотека целей; $\langle P_{ij} \rangle$ – библиотека планов; $\langle \mathcal{U}_{ij} \rangle$ – множество допустимых управляющих воздействий; KB_{ij} – база знаний ИА A_{ij} , включающая фрагменты знаний о проблемной области, доступных для использования текущим решателем SOL_{ij} ; DB_{ij} – база данных ИА A_{ij} .

В процессе активности ИА могут образовываться динамические (поскольку их состав изменяется во времени) структуры – группы и ассоциации.

Группы (коалиции) образуются ИА, которые реализуют совместные координируемые НР планы активности для достижения глобальной (групповой) цели; k -я группа ИА может быть представлена следующим образом:

$$GRP_k = \langle \Phi_k, \langle R_k \rangle, \mathfrak{R}_k, G_k, P_k \rangle, \quad (5)$$

где $\langle R_k \rangle$ – множество возможных ролей (позиций) в k -й группе, $\langle R_k \rangle = \{rol_1^k, rol_2^k, \dots, rol_x^k\}$; Φ_k – структура k -й группы, $\Phi_k = \{A_{1k}, A_{2k}, \dots, A_{mk}\}$; \mathfrak{R}_k – функция распределения ролей в k -й группе; G_k – групповая цель k -й группы; P_k – групповой план k -й группы.

Ассоциации образуются ИА, которые кооперируются для выполнения определенной совместной цели; l -я ассоциация ИА может быть представлена следующим образом:

$$ASS_l = \langle \Phi_l, \langle C_l \rangle, \Psi_l \rangle, \quad (6)$$

где Φ_l – структура l -й ассоциации, $\Phi_l = \{A_{1l}, A_{2l}, \dots, A_{ml}\}$; $\langle C_l \rangle$ – множество отношений взаимодействия, $\langle C_l \rangle = \{rel_1^l, rel_2^l, \dots, rel_y^l\}$; Ψ_l – функция, задающая отношения $\langle C_l \rangle$ на структуре Φ_l .

Структура МАС может быть представлена следующим образом:

$$MAS = \langle \Phi, \Phi_G, \Phi_A, \langle NM \rangle, Q, R, \langle CM \rangle, COM \rangle, \quad (7)$$

где Φ – структура МАС, $\Phi = \{A_{0i}, \dots, A_{ij}, \dots, A_{mn}\}$; Φ_G – групповая структура МАС, $\Phi_G = \{GRP_1, GRP_2, \dots, GRP_k\}$; Φ_A – ассоциативная структура МАС, $\Phi_A = \{ASS_1, ASS_2, \dots, ASS_l\}$; $\langle NM \rangle$ – библиотека моделей НР; Q – система критериев управления; R – система ограничений на процесс управления; $\langle CM \rangle$ – библиотека моделей взаимодействия ИА; COM – модуль взаимодействия ИА в МАС (совокупность протоколов, языков и каналов взаимодействия).

Механизм координации в МАС на каждом иерархическом уровне $j \in Y$ может быть представлен пошагово следующим образом:

1. Вхождение в коалицию $GRP_{iz} = \{A_{j1}, \dots, A_{jm}\}$ для достижения цели G_{iz} объекта высшего уровня иерархии A_{iz} , $j < i$.
2. Формирование цели G_{jl} и согласование (формальное неявное) ее с G_{iz} .
3. Выбор установки $Z_{jl} = \langle G_{jl}, Q_{jl}, R_{jl} \rangle$.
4. Формирование коалиции подчиненных объектов $GRP_{jl} = \{A_{k1}, \dots, A_{km}\}$ для достижения G_{jl} , $k < j$.
5. Распределение наличных ресурсов (сил и средств) между членами коалиции GRP_{jl} .
6. Декомпозиция $G_{jl} \rightarrow \{G_{k1}, \dots, G_{km}\}$.
7. Построение плана активности P_{jl} .
8. Согласование (явное с использованием НР NM_{ix}) плана P_{jl} с планами объектов $\{P_{jc}, \dots, P_{jm}\} \in GRP_{ix}$ внутри уровня иерархии j .
9. Построение ассоциации $ASS_{jl} = \{A_{jb}, \dots, A_{jk}\}$ и согласование (формальное неявное) плана P_{jl} с планами членов ассоциации $\{P_{jb}, \dots, P_{jk}\}$.
10. Запрос подчиненных объектов коалиции GRP_{jl} на построение планов $\{P_{k1}, \dots, P_{km}\}$.
11. Обнаружение возможных коллизий на множестве $\{P_{k1}, \dots, P_{km}\}$.
12. Выполнение P_{jl} .
13. В случае возникновения коллизий для (P_{ka}, P_{kd}) — выполнение их синхронизации путем формирования координирующих воздействий $c_{jc} : P_{kc} \rightarrow P'_{kc}$, $c_{jd} : P_{kd} \rightarrow P'_{kd}$.
14. В случае невозможности синхронизации (P_{ka}, P_{kd}) — перепланирование подчиненных объектов с возвратом на шаг 10.
15. В случае неудачи корректировки планов подчиненными объектами — корректировка собственного плана P_{jl} с перераспределением сил и средств и возвратом на шаг 5.

Реализованный таким образом механизм координации объектов ИС ГЗН позволяет реализовать кооперативное принятие решений с использованием НР, что позволяет учесть выявленные особенности предметной области.

7. Выводы

В работе рассмотрена иерархическая структура управления в системе гражданской защиты населения и выявлены особенности координационного управления данной системой.

Задача координации в слабоструктурированных иерархических сложных динамических системах является трудноразрешимой. Предложено свести задачу координации к задаче поддержки целенаправленного кооперативного принятия решений. Рассмотренные особенности задачи координации позволяют сформулировать подзадачи координации решений и координации действий, а также выделить явную и неявную формы координации.

Проведенная четырехуровневая декомпозиция структуры управления в системе гражданской защиты населения предоставила возможность реализации многоагентной модели с нормативным регулятором. Предложенные принципы координации позволили задействовать разноразличные механизмы согласования и синхронизации целей, планов и действий органов управления различного уровня иерархии.

На основе предложенной модели неявная координация может быть реализована посредством механизма совместного поиска решений агентами, а явная координация — посредством механизма согласования планов агентов. Подзадачу координации решений целесообразно решать в процессе планирования активности агентов, а подзадачу координации действий — в процессе выполнения планов, динамически корректируя их под воздействием внешних возмущений.

Реализация предложенных механизмов для решения подзадач координации решений и действий в явной и неявной формах позволяет получить искомое решение задачи координации сил и средств в иерархической системе гражданской защиты населения.

Литература

1. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI [Текст] // Офіційний вісник України. — 2012. — № 89. — ст. 3589.
2. ДК 019:2010. Національний класифікатор «Класифікатор надзвичайних ситуацій» [Текст]: Наказ Держспоживстандарту України від 11.10.2010 № 457. — Чинний від 01.01.2011. — К.: Держспоживстандарт України, 2010. — 19 с.
3. Інформаційна довідка про надзвичайні ситуації, які сталися на території України протягом 9 місяців 2014 року [Електронний ресурс]. — Режим доступу: \www/URL: http://mns.gov.ua/opinfo/7710.html
4. Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру за їх рівнями [Текст]: Постанова Кабінету Міністрів України № 368 від 24.03.2004 р. // Офіційний вісник України. — 2014. — № 12. — ст. 740.
5. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 7 Робота начальників підрозділів і служб Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту з організації рятувальних та інших невідкладних робіт. Можливості аварійно-рятувальних формувань Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту [Текст]. — К.: Видавництво КіМ, 2010. — 352 с.
6. Месарович, М. Теория иерархических многоуровневых систем [Текст] / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. — М.: Мир, 1973. — 344 с.
7. Алиев, Р. А. Методы и алгоритмы координации в промышленных системах управления [Текст] / Р. А. Алиев, М. И. Либерзон. — М.: Радио и связь, 1987. — 208 с.
8. Алтуни, А. Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях [Текст] / А. Е. Алтуни. — Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2000. — 352 с.
9. Ходаков, В. Е. О развитии основ теории координации сложных систем [Текст] / В. Е. Ходаков, Н. А. Соколова, Д. Л. Киричук // Проблемы информационных технологий. — 2014. — № 2(016). — С. 25–30.
10. Плюта, Н. В. Актуальні напрямки розвитку математичної теорії координації в складних ієрархічних системах [Текст] / Н. В. Плюта, С. І. Гоменюк // Вісник Запорізького національного університету. Серія Фізико-математичні науки. — 2010. — Вип. 1. — С. 104–109.
11. Катренко, А. В. Механізми координації у складних ієрархічних системах [Текст] / А. В. Катренко, І. В. Савка // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія Інформаційні системи та мережі. — 2008. — С. 156–166.
12. Шерстюк, В. Сценарно-прецедентное управление эргатическими динамическими объектами [Текст] / В. Г. Шерстюк. — Saarbrücken, Deutschland: Lambert Academic Publishing, 2013. — 407 с.
13. Тарасов, В. Б. Агенты, многоагентные системы, виртуальные сообщества: стратегическое направление в информатике и искусственном интеллекте [Текст] / В. Б. Тарасов // Новости искусственного интеллекта. — 1998. — № 2. — С. 5–63.
14. Wooldridge, M. An Introduction to MultiAgent Systems [Text] / M. Wooldridge. — N.Y.: J. Wiley & Sons, 2002. — 366 p.
15. Rao, A. S. Modeling rational agents within a BDIarchitecture [Text] / A. S. Rao, M. P. Georgeff // KR: Proceedings of the International Conference on Knowledge Representation and Reasoning. — 1991. — P. 473–484.

16. Powers, R. New criteria and a new algorithm for learning in multi-agent systems [Electronic resource] / R. Powers, Y. Shoham // In Advances in Neural Information Processing Systems. — MIT Press, 2005. — Available at: \www/URL: http://robotics.stanford.edu/~shoham/www%20papers/PowersShoham_Criteria_NIPS05.pdf
17. Myerson, R. B. Optimal coordination mechanisms in generalized principal-agent problems [Text] / R. B. Myerson // Journal of Mathematical Economics. — 1982. — Vol. 10, № 1. — P. 67–81. doi:10.1016/0304-4068(82)90006-4

РОЗРОБКА МОДЕЛІ КООРДИНАЦІЇ СИЛ ТА ЗАСОБІВ В ІЕРАРХІЧНІЙ СИСТЕМІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ

Запропоновано звести задачу координації в слабкоструктурованій ієрархічній системі цивільного захисту населення до задачі підтримки цілеспрямованого кооперативного прийняття рішень. Показано, що неявна координація може розглядатися як процес спільного пошуку рішень агентами в багатоагентній моделі з нормативним регулятором, а явна координація — як процес узгодження планів агентів.

Ключові слова: ієрархічна система, координація, багатоагентна модель, нормативний регулятор.

Ляшенко Елена Николаевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра информационных технологий, Херсонский национальный технический университет, Украина, e-mail: lunaways@mail.ru.
Шерстюк Владимир Григорьевич, доктор технических наук, профессор, кафедра информационных технологий, Херсонский национальный технический университет, Украина, e-mail: v_sherstyuk@bigmir.net.

Ляшенко Елена Николаевна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра інформаційних технологій, Херсонський національний технічний університет, Україна.

Шерстюк Володимир Григорович, доктор технічних наук, професор, кафедра інформаційних технологій, Херсонський національний технічний університет, Україна.

Liahenko Olena, Kherson National Technical University, Ukraine, e-mail: lunaways@mail.ru.

Sherstyuk Vladimir, Kherson National Technical University, Ukraine, e-mail: v_sherstyuk@bigmir.net

УДК 004.056

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.47183

Шапорин В. О.,
Плацинда О. Е.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВРЕДА АКТИВАМ

Предложены модели, описывающие поведение информационной системы при осуществлении сценариев угроз информационной безопасности. Для описания параметров значений использованы нечеткие лингвистические оценки. Для описания самих сценариев используется аппарат сетей Петри-Маркова. Для описания всего процесса оценки активов использована методология Coras. В совокупности получена модель, позволяющая описать влияние осуществления сценариев угроз на оценку активов системы.

Ключевые слова: актив, угроза, методология Coras, нечеткие базы знаний, лингвистические переменные.

1. Введение

Анализ рисков информационной безопасности является важной составляющей при проектировании систем безопасности информационных систем. Точность, объективность и компетентность действий команды проектировщиков, напрямую влияют на адекватность оценки того, какие активы организации необходимо защитить, какие риски угрожают им, и какие меры исправления и предотвращения необходимо применить [1].

На сегодняшний день процесс анализа рисков информационной безопасности сводится к действиям разработчиков, основанным на личном опыте. Существуют также и инструментальные средства анализа, которые основаны на построении оценок и выводов в терминах теории вероятностей [2]. Первый вариант требует высокой квалификации одного или нескольких архитекторов безопасности, достигнутых в результате длительного обучения, и не всегда позволяют дать объективную оценку в конкретной ситуации. Второй вариант предусматривает построение вероятностных зависимостей

и функций распределения, что не всегда дает точный результат, а также не позволяет использовать накопленный опыт проектировщиков.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

В области анализа рисков существует достаточное количество методологий и стандартов [2], однако наиболее удобной системой, с точки зрения поставленной задачи, является методология Coras [3]. Данная методология имеет достаточный набор элементов для построения анализа рисков, а также имеет возможность использовать значения данных элементов в терминах нечеткой логики [4].

Однако, теория нечетких множеств для построения оценок активов, взаимоотношений и описания других элементов, введенных с помощью методологии Coras практически не использовалась.

При описании нечетких параметров необходимо описать нечеткие значения, которые они принимают.