

## Базовый сценарий интеллектуальной поддержки принятия решений на основе моделей жизни пользователей в цифровой среде

**А. В. Смирнов<sup>а</sup>**, доктор техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, [orcid.org/0000-0001-8364-073X](https://orcid.org/0000-0001-8364-073X), [smir@iias.spb.su](mailto:smir@iias.spb.su)

**Т. В. Левашова<sup>а</sup>**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, [orcid.org/00000002-1962-7044](https://orcid.org/00000002-1962-7044)

**М. В. Петров<sup>а</sup>**, научный сотрудник, [orcid.org/0000-0001-7403-5036](https://orcid.org/0000-0001-7403-5036)

<sup>а</sup>Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН, 14-я линия В. О., 39, Санкт-Петербург, 199178, РФ

**Введение:** в области поддержки принятия решений практика использования информации, оставленной пользователями в виде цифровых следов, пока не является широко распространенной. Ранее авторами данной работы была предложена концепция интеллектуальной поддержки принятия решений на основе модели жизни пользователя в цифровой среде для формирования рекомендаций. Задачами описываемых исследований является создание базового сценария, реализующего эту концепцию, и подхода к формированию групп пользователей с однотипными предпочтениями и поведением при принятии решений. **Цель:** прогнозирование рекомендательных решений на основе информации, которая содержится в цифровых следах пользователей. **Результаты:** разработаны 1) базовый сценарий интеллектуальной поддержки принятия решений на основе модели жизни пользователя в цифровой среде, предназначенный для рекомендации пользователю решения на основе знаний о его типе как лица, принимающего решения, о задаче принятия решений и проблемной области, и 2) подход к формированию групп пользователей с однотипными предпочтениями и поведением при принятии решений на основе информации о сегментах пользователей, о правилах поведенческой сегментации и о действиях, представленных в моделях жизни пользователей в цифровой среде. **Практическая значимость:** результаты исследований целесообразно использовать при построении современных рекомендующих систем, в которых закладываются требования к отслеживанию цифровых следов.

**Ключевые слова** – поддержка принятия решений, цифровые следы, модель жизни пользователя в цифровой среде, обобщенный паттерн, онтология лица, принимающего решения, сценарий поддержки принятия решений.

**Для цитирования:** Смирнов А. В., Левашова Т. В., Петров М. В. Базовый сценарий интеллектуальной поддержки принятия решений на основе моделей жизни пользователей в цифровой среде. *Информационно-управляющие системы*, 2021, № 4, с. 47–60. doi:10.31799/1684-8853-2021-4-47-60

**For citation:** Smirnov A. V., Levashova T. V., Petrov M. V. Scenario model of intelligent decision support based on user's digital life models. *Informatsionno-upravliaiushchie sistemy* [Information and Control Systems], 2021, no. 4, pp. 47–60 (In Russian). doi:10.31799/1684-8853-2021-4-47-60

### Введение

Использование информации, оставленной пользователями в виде цифровых следов, становится обычной практикой современных информационных систем. Для систем поддержки принятия решений (СППР) такая информация предоставляет возможности и может быть основой для формирования прогностических решений [1–3]. Однако выполненный авторами данной работы анализ проектов и моделей, в которых используется концепция жизни человека в цифровой среде, показал, что широкого применения в СППР эта концепция пока не нашла [4]. В данной работе жизнь человека в цифровой среде понимается в соответствии с определением, которое предложено в работе Digital Era Framework («Концепция цифровой эры») [5]. Опираясь на эту работу, термин «жизнь человека в цифровой среде» можно сопоставить с термином “digital life” («цифровая жизнь») и определить как способ су-

ществования, при котором цифровые технологии являются неотъемлемой частью всех аспектов жизни.

В работе предлагается подход, нацеленный на формирование рекомендательных решений на основе информации, которая содержится в цифровых следах пользователей. Неструктурированный контент цифровых следов систематизируется при помощи модели жизни пользователя в цифровой среде. Для работы представляет интерес аспект жизни, связанный с задачей принятия решений. В СППР модель жизни пользователя в цифровой среде служит источником информации для получения представления о задаче принятия решений, проблемной области, поведении пользователей, принятых ими решениях и для формирования групп пользователей с однотипными предпочтениями и поведением при принятии решений. Предпочтения и поведение групп пользователей описываются обобщенным паттерном группы. Для пользователя, обратившегося к СППР, опре-

деляется группа, к которой он принадлежит, и на основе предпочтений пользователей этой группы и ранее принятых ими решений формируется решение, рекомендуемое в текущей ситуации. Задача принадлежности пользователя группе решается онтологической машиной вывода как задача классификации [6–8].

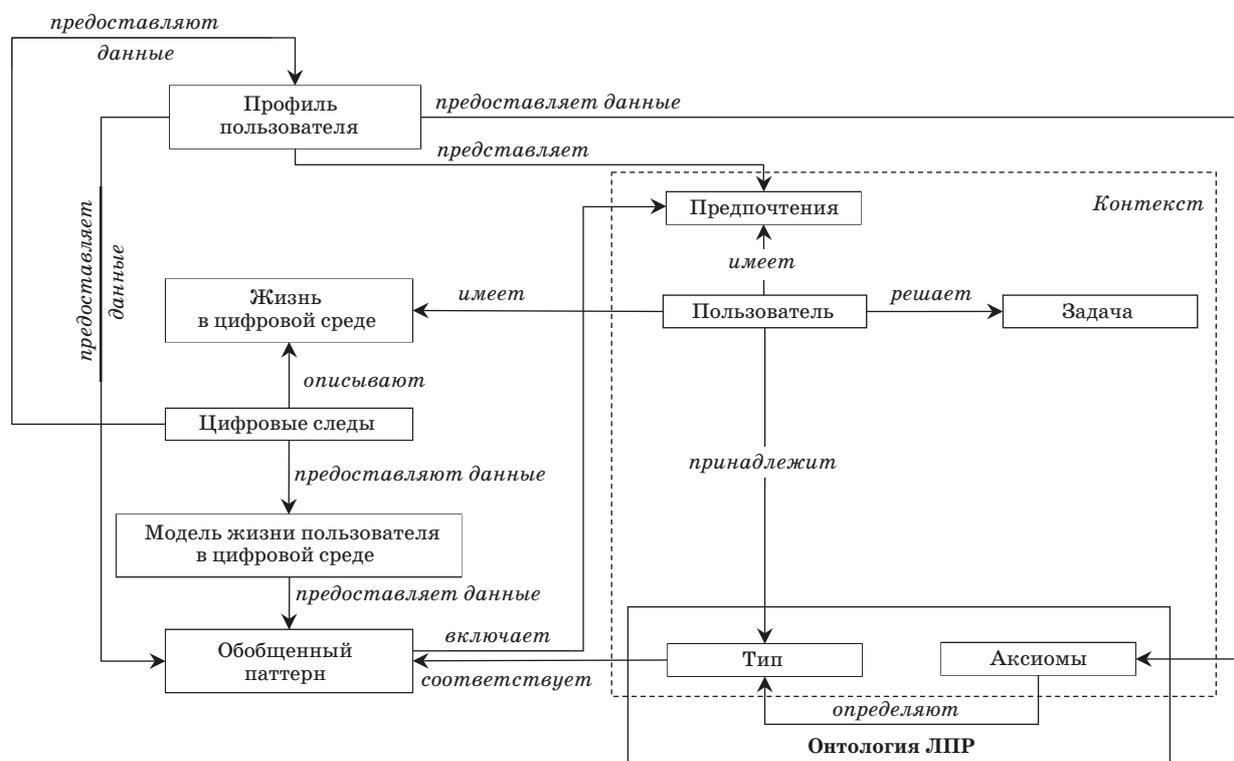
Основными задачами исследований, представленных в данной работе, являются разработка базового сценария интеллектуальной поддержки принятия решений на основе модели жизни пользователя в цифровой среде и подхода к формированию групп пользователей с однотипными предпочтениями и поведением при принятии решений.

### Концептуальная модель интеллектуальной поддержки принятия решений на основе модели жизни пользователя в цифровой среде

Концептуальная модель интеллектуальной поддержки принятия решений на основе модели жизни пользователя в цифровой среде (рис. 1) предназначена для рекомендации решения, которое пользователь принял бы в текущей ситуации (контексте). Основными блоками концептуаль-

ной модели являются профиль пользователя, модель жизни пользователя в цифровой среде, обобщенный паттерн пользователей с однотипными предпочтениями и поведением при принятии решений, онтология лица, принимающего решения (ЛПР), и контекст [4].

Профиль пользователя содержит информацию о его контекстно-зависимых и контекстно-независимых характеристиках [9]. Модель жизни пользователя в цифровой среде является комплексным формализованным описанием действий пользователя при его взаимодействии с различными сайтами, информационными средами и системами в целях решения интересующих его задач. Информация, входящая в данную модель, либо явно содержится в цифровых следах, либо выявляется из них специальными методами. Обобщенный паттерн — это формальное экстенциональное описание группы пользователей, отличающихся однотипным поведением при принятии решений и предпочтениями. Онтология ЛПР формализует аксиомы, на основании которых может быть решена задача классификации для определения, какому типу ЛПР принадлежит пользователь. Контекст представляет информацию, которая характеризует пользователя и решаемую задачу. Он складывается из информации о типе пользователя как ЛПР, его



■ **Рис. 1.** Концептуальная модель интеллектуальной поддержки принятия решений на основе модели жизни пользователя в цифровой среде [4]  
 ■ **Fig. 1.** Conceptual framework of intelligent decision support based on model of user digital life [4]

предпочтениях, задаче принятия решений и проблемной области, к которой относится задача.

Интеллектуальная поддержка принятия решений согласно концептуальной модели осуществляется следующим образом. Когда пользователь сталкивается с задачей принятия решений, информация об этой задаче и проблемной области передается из модели жизни пользователя в цифровой среде в модель контекста. Информация о пользователе из его профиля передается в онтологию ЛПП, и там определяется, какому типу ЛПП принадлежит данный пользователь в рассматриваемом контексте. На основании соответствий между типом ЛПП и обобщенными паттернами выбирается обобщенный паттерн *GP* и на основе информации о предпочтениях группы, описываемой этим паттерном, определяются предпочтения данного пользователя. Эти предпочтения также передаются в модель контекста. Контекстная информация и информация о решениях пользователей, описываемых обобщенным паттерном *GP*, являются основанием для формирования решения, которое активный пользователь принял бы в рассматриваемом контексте. Решения пользователей представлены в моделях их жизни в цифровой среде.

### Разработка базового сценария интеллектуальной поддержки принятия решений на основе модели жизни пользователя в цифровой среде

Для разработки базового сценария требуется идентифицировать процессы, которые должна поддерживать СППР, чтобы реализовать заложенную в концептуальной модели функциональность, и определить последовательность информационного взаимодействия блоков концептуальной модели при выполнении этих процессов.

### Определение последовательности информационного взаимодействия блоков концептуальной модели

Исходными данными для рассматриваемой задачи являются:

— профиль пользователя (*PU*):

$$PU = \langle User\_ID, P\_out, P\_in(C) \rangle, \\ P\_in(C) = P_c(C) \cup Pr(C), \quad (1)$$

где *User\_ID* — уникальное имя пользователя; *P\_out* — множество контекстно-независимых характеристик пользователя; *P\_in(C)* — множество контекстно-зависимых характеристик пользователя в контексте *C(T)*; *P\_c(C)* — прочие контекстно-зависимые характеристики (текущее место-

положение пользователя, время в зоне этого местоположения и др.); *Pr(C)* — множество предпочтений пользователя в контексте *C(T)*; *T* — период существования контекста *C*;

— модель жизни пользователя в цифровой среде (*DL*):

$$DL = \langle User\_ID, Problem(t_0, t_n), Domain, \\ \{Action(t_a^-, t_a^+)\}, Decision(t_n), R_1, R_2, R_3 \rangle,$$

$$R \in Problem \times Domain \quad R \in Problem \times Decision$$

$$R_3 \in Action(t_a^-, t_a^+) \times Problem(t_0, t_n), \quad (2)$$

где *Problem* — вид решаемой пользователем задачи; *t\_0* — время начала решения задачи; *t\_n* — время принятия решения; *Domain* — проблемная область, которой принадлежит задача; *Action(t\_a^-, t\_a^+)* — действие, выполняемое на интервале  $t_a^- t_a^+$  ( $t_0 \leq t_a^-, t_a^- < t_a^+, t_a^+ < t_n$ ) в процессе решения задачи *Problem*; *Decision* — принятое решение;

— обобщенный паттерн группы пользователей с однотипными предпочтениями и поведением при принятии решений (*GP*):

$$GP = \langle group, behaviour\_type_g, Pr_g \rangle, \quad (3)$$

где *group* — группа пользователей; *behaviour\_type\_g* — вид поведения, типичный для пользователей группы *group*; *Pr\_g* — множество предпочтений, типичных для пользователей группы *group*;

— онтология ЛПП (*O<sub>DM</sub>*):

$$O_{DM} = \langle Cl, Rel, A \rangle, Cl = Cl_o \cup DM\_Type, \\ A = A_o \cup A_{DM\_Type} \quad (4)$$

где *Cl* — множество классов онтологии; *Rel* — множество отношений между классами ( $Rel \rightarrow Cl \times Cl$ ); *DM\_Type* — класс, представляющий типы ЛПП;  $Cl_o = Cl \setminus DM\_Type$ ; *A* — множество аксиом; *A<sub>DM\_Type</sub>* — множество аксиом, которые специфицируют принадлежность ЛПП типам, представленным в классе *DM\_Type*;  $A_o = A \setminus A_{DM\_Type}$ ;

— множество отображений между типами ЛПП и группами пользователей с однотипными предпочтениями и поведением:  $DM\_Type \rightarrow group$ ;

— модель контекста (*C*):

$$C(T) = \langle user\_ID, user\_type(T), domain(T), \\ problem(T), Pr_u(T), R_4 \rangle,$$

$$\begin{aligned}
 &user\_ID \rightarrow User\_ID, domain(T) \rightarrow Domain, \\
 &problem(T) \rightarrow Problem, Pr_u(T) \subseteq Pr, \\
 &R_4 \in domain(T) \times Pr, \quad (5)
 \end{aligned}$$

где  $T = [t_0, t_n]$ ;  $Pr_u(T)$  — множество предпочтений пользователя в контексте  $C(T)$ ;  $Pr$  — множество предпочтений в проблемной области  $domain(T)$ .

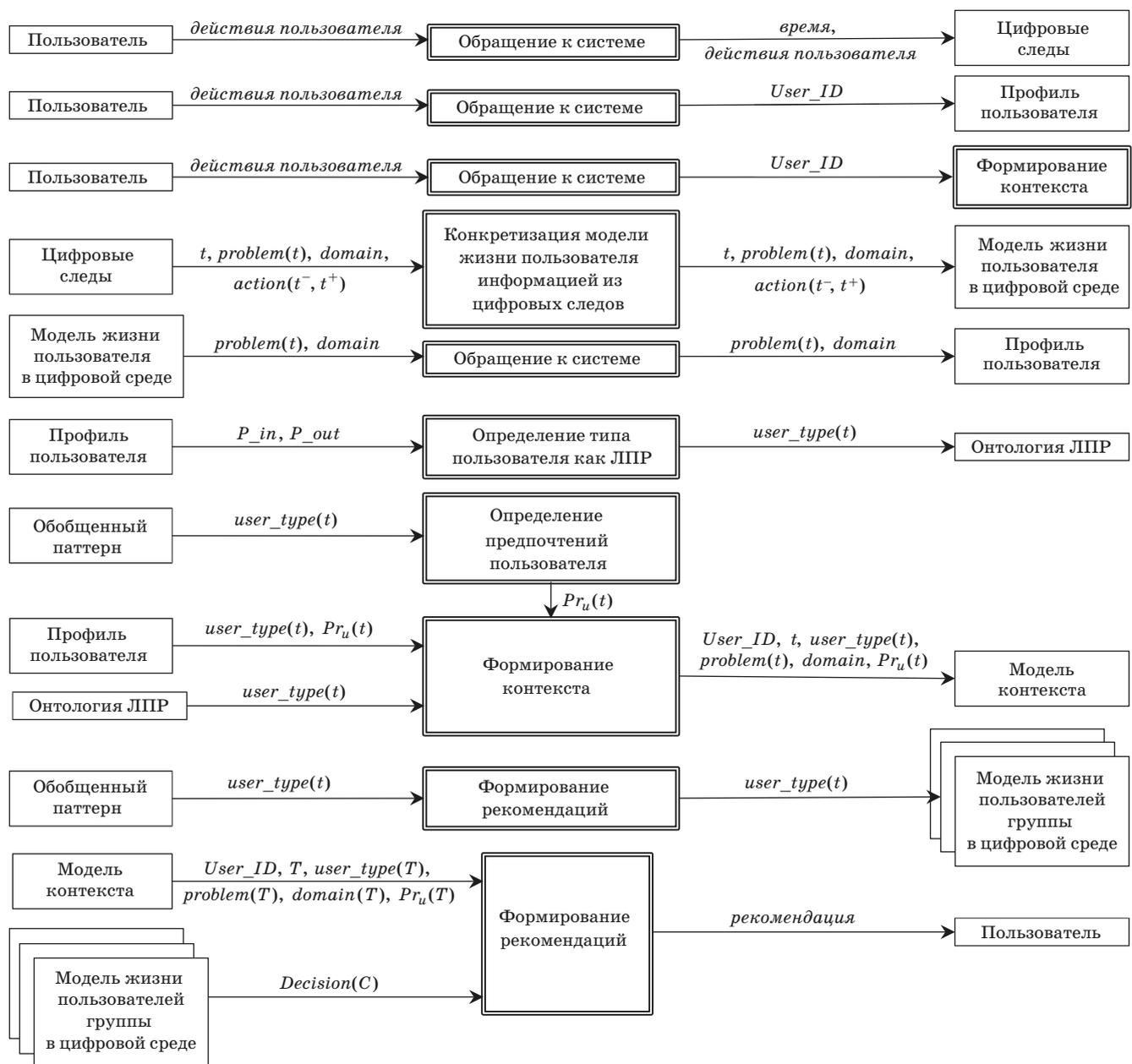
Требуется определить последовательность информационного взаимодействия блоков концептуальной модели, которая позволяет реализовать предполагаемую модель функциональности

СППР. В соответствии с этой последовательностью требуется разработать базовый сценарий интеллектуальной поддержки принятия решений на основе модели жизни пользователя в цифровой среде.

Концептуальная модель интеллектуальной поддержки принятия решений на основе модели жизни пользователя в цифровой среде предполагает следующие процессы:

— обращение пользователя к сайту, сервису или информационной системе с задачей;

— запоминание действий, выполняемых пользователем, в цифровых следах (процесс выполняется автоматически);



■ **Рис. 2.** Входные и выходные информационные потоки в СППР  
 ■ **Fig. 2.** Input & output information flows in decision support system

— конкретизация модели жизни пользователя информацией из цифровых следов (время обращения и выполнения действий, выполняемые действия, вид решаемой задачи, проблемная область);

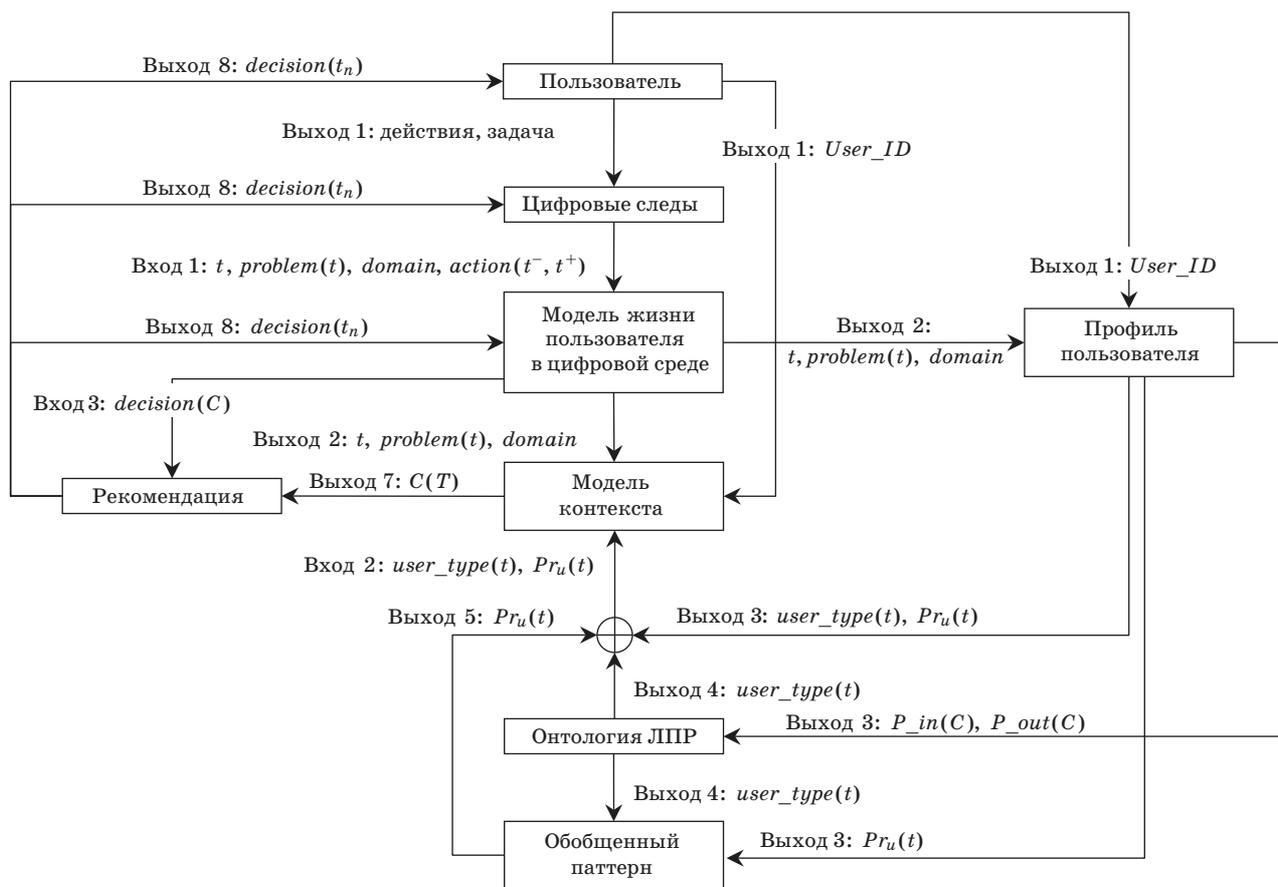
- определение типа пользователя как ЛПР;
- определение предпочтений пользователя;
- формирование контекста;
- формирование рекомендаций.

Входные и выходные информационные потоки между блоками концептуальной модели и перечисленными выше процессами показаны на рис. 2 (блоки, представляющие процессы, на рисунке обведены двойными линиями). На основании этих информационных потоков определены информационные потоки между основными блоками концептуальной модели (рис. 3). Обмен информацией между этими блоками происходит следующим образом.

Когда пользователь сталкивается с задачей принятия решений, он обращается к сайту, сервису или информационной системе с этой задачей. Уникальный идентификатор пользователя ( $User\_ID$ )

$ID$ ) передается в модель контекста, и устанавливается связь с профилем данного пользователя (профиль привязан к идентификатору). В цифровых следах пользователя появляется информация о времени его обращения к системе ( $t$ ) и о выполняемых им действиях ( $action(t^-, t^+)$ ) (фиксируется время начала и окончания выполнения каждого действия). Информация о действиях пользователя включает в себя информацию о решаемой задаче (задаче принятия решений) ( $problem(t)$ ) и проблемной области ( $domain$ ). Вся информация, связанная с действиями  $action(t^-, t^+)$ , заносится в модель жизни пользователя в цифровой среде. Процесс выявления информации о задаче и проблемной области не предполагается концептуальной моделью. Предопределено, что модель жизни пользователя содержит требуемую информацию.

Из модели жизни пользователя в цифровой среде информация о задаче и проблемной области передается в его профиль для связи контекстно-зависимых характеристик пользователя с контекстом, который создается в концептуальной модели.

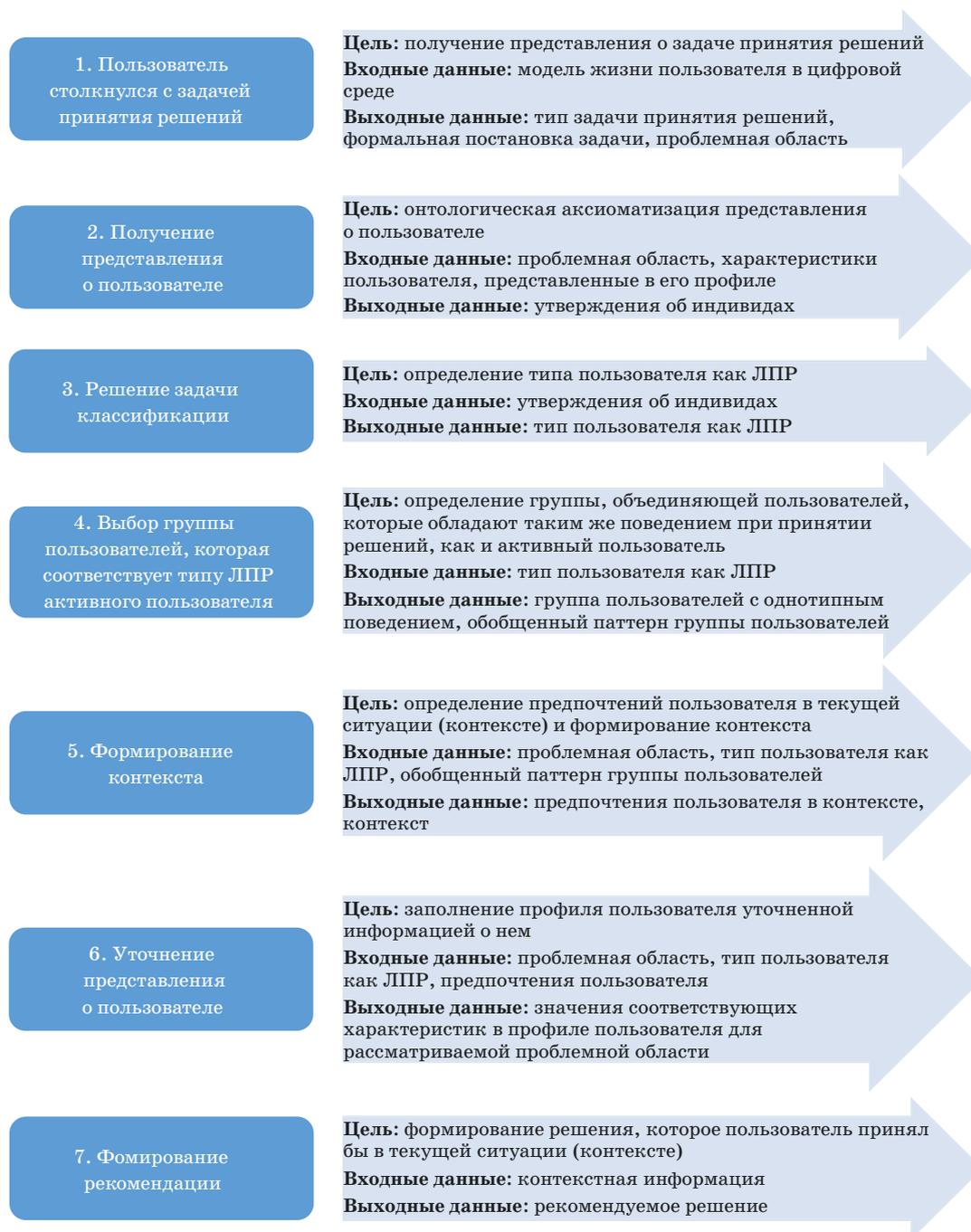


■ **Рис. 3.** Информационные потоки между основными блоками концептуальной модели интеллектуальной поддержки принятия решений

■ **Fig. 3.** Information flows between main blocks of conceptual framework of intelligent decision support based on model of user digital life

Передача информации из профиля пользователя зависит от того, какая именно информация там представлена. Если есть информация о типе пользователя ( $user\_type(t)$ ) и его предпочтениях ( $Pr_u(t)$ ), то эта информация передается в модель контекста. Если нет информации о типе пользователя (вне зависимости от наличия информации о предпочтениях), то передаются значения его контекстно-зависимых ( $P\_in(C)$ ) и контекстно-независимых ( $P\_out(C)$ )

характеристик в онтологию ЛПП. Если есть информация о типе пользователя, но неизвестны его предпочтения, то тип пользователя отображается в обобщенный паттерн. На рис. 3 указанные альтернативы представлены блоком суммирования, который обозначает альтернативные варианты передачи информации в модель контекста (*выход 2*): из профиля пользователя (*выход 3*), онтологии ЛПП (*выход 4*) или обобщенного паттерна (*выход 5*).



■ **Рис. 4.** Базовый сценарий интеллектуальной поддержки принятия решений  
 ■ **Fig. 4.** Basic scenario of intelligent decision support

Из онтологии ЛПП информация о типе пользователя ( $user\_type(t)$ ) передается в обобщенный паттерн и в модель контекста. Из обобщенного паттерна информация о предпочтениях пользователя ( $Pr_u(t)$ ) передается в модель контекста. СППР формирует рекомендуемое решение (рекомендацию) на основании модели контекста и информации о решениях, принимаемых пользователями типа  $user\_type(t)$ , которые представлены в моделях жизней пользователей этого типа (вход 3). Рекомендуемое решение предлагается пользователю, отображается в цифровых следах и в модели его жизни в цифровой среде.

### Базовый сценарий

Базовый сценарий интеллектуальной поддержки принятия решений на основе модели жизни пользователя в цифровой среде приведен на рис. 4. В сценарии представлены ситуации, обрабатываемые СППР с момента обращения пользователя к системе до момента формирования рекомендаций. С точки зрения лица, получающего рекомендации, пользователь является ЛПП, так как он может принять или отклонить рекомендуемое решение. Рассматриваемые ситуации соответствуют этапам сценария. Для каждого этапа определены цель, входные данные и результаты (выходные данные).

*Этап 1*, когда пользователь столкнулся с задачей принятия решений, связан с определением типа задачи принятия решений и проблемной области, к которой относится данная задача. Как правило, тип задачи нетрудно идентифицировать в цифровых следах, в то время как для выявления информации о проблемной области могут потребоваться подходы к контекстуализации цифровых следов (например, [10–13]). Такие подходы относятся к области обработки больших данных.

Из цифровых следов тип задачи принятия решений и проблемной области заносится в модель жизни пользователя в цифровой среде ( $DL$ ) (2). Базовый сценарий получает информацию о задаче и проблемной области из этой модели. Поскольку процесс выявления информации о задаче и проблемной области не предполагается концептуальной моделью, этап извлечения информации из цифровых следов в сценарии не предусмотрен.

Для того чтобы СППР могла обрабатывать задачу, ее постановка должна быть представлена в виде, который «понятен» системе, т. е. в формальном виде. Формальная постановка задачи во многом зависит от технологии обработки задач, которая используется в системе. В данной работе речь идет об интеллектуальной поддержке принятия решений, что предполагает использование базы знаний. Такие СППР при решении задач оперируют фактами, правилами и процедурами.

Применительно к вышеописанной концептуальной модели интеллектуальной поддержки принятия решений задача должна быть представлена в виде, согласующемся с онтологическим представлением. Это обусловлено тем, что в основе концептуальной модели лежат принципы интеллектуальной поддержки принятия решений на основе моделей жизни пользователей в цифровой среде [4], в соответствии с которыми представление модели жизни пользователя (задача является частью этой модели) должно быть совместимо с онтологической моделью знаний, которая используется в СППР. В онтолого-ориентированном виде задача описывается множеством фактов (аксиом) на одном из языков представления онтологий. Тип задачи принятия решений, ее формальная постановка и проблемная область, к которой относится данная задача, являются выходными данными первого этапа.

Этап получения представления о пользователе (*этап 2*) нацелен на выбор аксиом онтологии ЛПП, которые будут использоваться для вывода типа пользователя как ЛПП. Аксиомы онтологии могут быть представлены утверждениями и правилами. Аксиомы, которые описывают принадлежность пользователя типу ЛПП, оперируют знаниями, которые связаны с характеристиками пользователя. Полностью или частично значения этих характеристик представлены в профиле пользователя. Выбираются аксиомы, которые после подстановки в них значений характеристик из профиля становятся, пользуясь терминологией OWL, утверждениями об индивидах [14], иными словами, аксиомы, для которых есть значения характеристик пользователя в его профиле.

Утверждения об индивидах (или конкретизированные аксиомы) являются входной информацией для *этапа 3*. Они используются для решения задачи классификации, в результате чего выводится тип пользователя как ЛПП —  $dm_u$  ( $dm_u \subset DM\_Type$ ).

Следует отметить, что так как некоторые характеристики пользователя являются контекстно-зависимыми, то и тип пользователя становится контекстно-зависимым, при этом один и тот же пользователь в разных контекстах может быть отнесен к разным типам ЛПП.

Следующий этап (*этап 4*) связан с выбором группы пользователей, поведение которых при принятии решений можно рассматривать как сходное по типу с поведением пользователя, взаимодействующего с СППР (активного пользователя). Такая группа определяется на основании отображения  $DM\_Type \rightarrow group$ , из которого следует, что пользователь типа  $dm_u \subset DM\_Type$  принадлежит группе  $Gr$  ( $Gr \rightarrow group$ ). Результатом этапа является вид группы, которой принадлежит активный пользователь, и соответствующий

этой группе обобщенный паттерн поведения и предпочтений.

На *этапе 5* формируется контекст (5), который представляет информацию о типе пользователя как ЛПР, его предпочтениях, задаче принятия решений и проблемной области, к которой относится задача. Информация о задаче принятия решений и проблемной области является результатом выполнения этапа 1. Информация о типе пользователя является результатом выполнения этапа 3. На рассматриваемом этапе определяются предпочтения пользователя и создается контекст. Предпочтения пользователя соответствуют предпочтениям пользователей, образующих группу *Gr*, и описаны в обобщенном паттерне этой группы. Модель контекста (5), которая конкретизирована перечисленной информацией, является результатом этапа 5.

На *этапе 6* информация о пользователе, выявленная на различных этапах базового сценария интеллектуальной поддержки принятия решений, заносится в его профиль. Данная информация касается типа пользователя как ЛПР и его предпочтений применительно к конкретной проблемной области.

Заключительный этап сценария (*этап 7*) связан с формированием решения, которое пользователь принял бы в текущей ситуации, т. е. в контексте, сформированном на этапе 5. На основании моделей жизней пользователей в цифровой

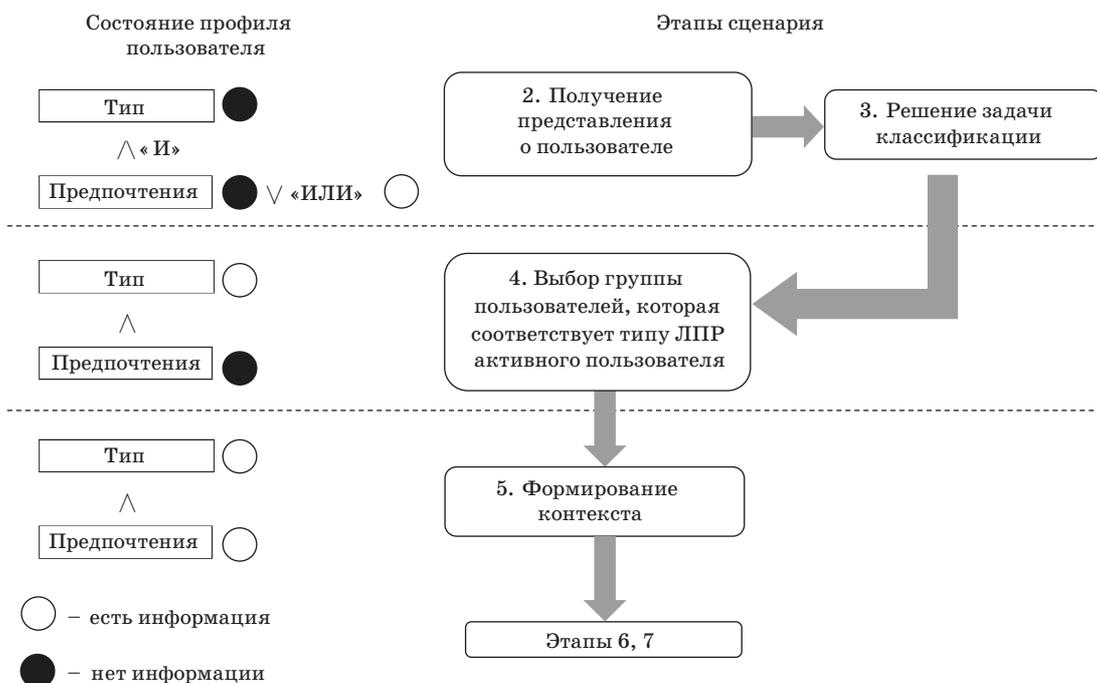
среде, входящих в группу *Gr*, определяется, какие решения  $Decision_p$  ( $Decision_p \rightarrow problem(T) \times \times Decision$ ) пользователи этой группы принимали при рассмотрении задачи  $problem(T)$  в проблемной области  $domain(T)$ , и формируется соответствующая рекомендация.

Базовый сценарий (см. рис. 4) описывает все этапы работы СППР. Однако ввиду наличия альтернативных вариантов передачи информации в модель контекста (см. рис. 3) некоторые этапы могут не потребоваться. Необходимость выполнения этапов зависит от информации, представленной в профиле пользователя, а именно от наличия информации о его типе как ЛПР и его предпочтениях (рис. 5). Такая информация может содержаться в профиле, если:

- пользователь ранее обращался к СППР и тип данного пользователя и его предпочтения для данной проблемной области были сохранены системой в его профиле;

- профиль пользователя содержит информацию о его предпочтениях применительно к рассматриваемой проблемной области, выявленную различными сайтами, средами и системами, с которыми данный пользователь когда-либо взаимодействовал.

Для оценки базового сценария интеллектуальной поддержки принятия решений на основе модели жизни пользователя в цифровой среде использовался сравнительный метод. Для сравнения выбраны следующие подходы:



■ **Рис. 5.** Выполнение этапов в зависимости от состояния профиля пользователя  
 ■ **Fig. 5.** Phases depending on information available in user profile

а) формирование рекомендаций без использования модели жизни пользователя в цифровой среде;

б) формирование рекомендаций на основе модели жизни пользователя в цифровой среде и обобщенных паттернов поведения и предпочтений;

в) формирование рекомендаций на основе модели жизни пользователя в цифровой среде и онтологии ЛПР;

г) базовый сценарий: формирование рекомендаций на основе модели жизни пользователя в цифровой среде, обобщенных паттернов поведения и предпочтений, а также онтологии ЛПР.

В качестве критериев оценки использовались сложность процесса формирования рекомендации и качество решений. Сложность процесса формирования рекомендации оценивалась посредством оценки количества и сложности процессов, требующихся для реализации базового сценария. Процессы, связанные с определением предпочтений пользователя, при оценке не учитывались, поскольку отличительной особенностью предлагаемого сценария для формирования персонализированных рекомендаций является учет типов поведения пользователя как ЛПР. Для оценки сложности процесса использовались константы  $\delta_1, \dots, \delta_n$ , где  $\delta_{i+1} > \delta_i$  (чем больше значение индекса у  $\delta$ , тем сложнее процесс);  $n$  — количество используемых констант. При оценке качества решений использовалась относительная шкала оценок от низкого до хорошего.

Процессы, требующиеся для реализации базового сценария:

$P_1$ : определение вида задачи принятия решений и проблемной области;

$P_2$ : отслеживание выполняемых пользователем действий;

$P_3$ : архивирование принятых пользователем решений;

$P_4$ : формирование групп пользователей с однотипным поведением (и предпочтениями);

$P_5$ : определение типа пользователя как ЛПР;

$P_6$ : определение группы пользователей с однотипным поведением (и предпочтениями), к которой относится активный пользователь.

Оцениваемая сложность процессов в подходе «а»: сложность процесса  $P_1$  зависит от наличия в СППР классификатора видов задач (применительно к проблемным областям). Если классификатор есть, то  $P_1 = \delta_2$ , в противном случае  $P_1 = \delta_5$ . Сложность остальных процессов оценивается следующим образом:  $P_2 = \delta_3$ ;  $P_3 = \delta_1$ ;  $P_4 = \delta_4$  (группы формируются из пользователей, когда-либо обращавшихся к СППР);  $P_5 = \delta_4$ ;  $P_6 = \delta_2$ . Подход обеспечивает хорошее качество решений для известных пользователей и известных задач, но низкое для нового пользователя в связи с от-

сутствием накопленных о нем данных. В целом качество этого подхода оценивается как ниже среднего.

Оцениваемая сложность процессов в подходе «б»: процессы  $P_1, P_2, P_3, P_4$  не требуются;  $P_5 = \delta_5$ ;  $P_6 = \delta_2$ . Подход обеспечивает одинаково хорошее качество решений как для известных и новых пользователей, так и для повторяющихся и новых задач.

Оцениваемая сложность процессов в подходе «в»: процессы  $P_1, P_2, P_3$  не требуются;  $P_4 = \delta_5$ ;  $P_5 = \delta_2$ ;  $P_6 = \delta_4$ . Подход обеспечивает хорошее качество решений при наличии однозначного соответствия между логически выведенным типом ЛПР и группой пользователей с однотипным поведением и предпочтениями. В противном случае качество решений оценивается как среднее. В целом качество этого подхода оценивается как среднее.

Оцениваемая сложность процессов в подходе «г»: процессы  $P_1, P_2, P_3, P_4$  не требуются;  $P_5 = \delta_5$ ;  $P_6 = \delta_3$ . Подход обеспечивает одинаково хорошее качество решений как для известных и новых пользователей, так и для повторяющихся и новых задач.

Результаты сравнения подходов приведены в таблице. Из таблицы видно, что самая высокая сложность процесса формирования рекомендаций в подходе «а». В то же время этот подход не гарантирует хорошего качества решений. Подход «б» обеспечивает хорошее качество решений при меньшей сложности процесса, чем подход «а». Подход «в» не является гарантией хорошего качества решений при достаточно высокой сложности (меньше, чем в «а», но больше, чем в «б»). Подход «г» — базовый сценарий — обеспечивает хорошее качество решений, позволяя при этом уменьшить сложность процесса формирования рекомендаций.

- Сравнение подходов к реализации базового сценария
- Evaluation of approaches to the basic scenario implementation

Подход	Сложность процесса формирования рекомендаций	Качество решений
а	$\delta_1 + 2\delta_2 + \delta_3 + 2\delta_4$ или $\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + 2\delta_4 + \delta_5$	Ниже среднего
б	$\delta_2 + \delta_5$	Хорошее
в	$\delta_2 + \delta_4 + \delta_5$	Среднее
г (базовый сценарий)	$\delta_2 + \delta_3$	Хорошее

### Формирование групп пользователей с однотипными предпочтениями и сценариями поведения

В концептуальной модели интеллектуальной поддержки принятия решений введено понятие группового паттерна поведения и предпочтений, которые типичны для группы пользователей *GP* (3). Источниками информации для выявления таких групп являются модели жизни пользователей в цифровой среде *DL* (2).

В качестве основы для определения видов групп пользователей с однотипными предпочтениями и поведением предлагается использовать виды сегментов пользователей на основе их поведения, которые выделяются в различных проблемных областях, а также правила, применяемые для определения принадлежности пользователей этим сегментам (рис. 6). Поскольку в различных проблемных областях интерес представляют различные поведенческие типы пользователей, в каждой проблемной области используются собственные способы и правила сегментации [15]. Например, сегменты пользователей в области электронной торговли соответствуют различным типам покупателей (осторожные, рациональные, зависимые и т. д.), сегменты пользователей в области туризма соответствуют различным типам туристов (нацеленные на развлечения, деловой туризм, приверженцы определенных культурных центров и т. д.).

Выявленные правила сегментации приводятся к общему виду, который выбирается разработчиками системы. Основные требования, предъявляемые к виду правил: а) правила осуществляют логический вывод на основе информации, которая может быть предоставлена моделями жизни пользователей в цифровой среде; б) правила семантически совместимы с онтологией ЛПП. Последнее требование связано с тем, что совместимость позволяет пополнять онтологию новыми знаниями, полученными в ходе логического вывода. В частности, уточнять классификацию типов ЛПП. Примерами правил, удовлетворяющих перечисленным требованиям, являются RuleML (Rule Markup Language) [16], RIF (Rule Interchange Format) [17], SWRL (Semantic Web Rule Language) [18] и др. [19].

Работа по идентификации видов сегментов, извлечению правил сегментации и их преобразованию выполняется экспертами.

Применение правил сегментации к действиям пользователя, которые представлены в модели его жизни в цифровой среде ( $Action(t_a^-, t_a^+)$ ), позволяет получить группы пользователей с однотипным поведением и предпочтениями в заданной проблемной области. Действия  $Action(t_a^-, t_a^+)$ ,



■ **Рис. 6.** Схема формирования групп пользователей с однотипными предпочтениями и сценариями поведения

■ **Fig. 6.** Scheme of creation of groups of users with the same kinds of preferences and decision-making behaviour

помимо прочих, включают в себя действия, связанные с указанием предпочитаемых критериев оценки альтернатив при выборе решения, т. е. с предпочтениями пользователя.

С учетом вышеизложенного модель обобщенного паттерна *GP* (3) дополняется информацией о проблемной области:

$$GP^* = (group, behaviour\_type_g \rightarrow behaviour\_type, Pr_g \subseteq Pr_{dr}, R_5, R_6),$$

$$R \in Domain \times Behaviour\_Type,$$

$$R \in Domain \times Pr$$

где  $GP^*$  — уточненная модель обобщенного паттерна *GP*;  $behaviour\_type \in Behaviour\_Type$ ,  $Behaviour\_Type$  — множество сегментов на основе поведения пользователей в проблемной области *Domain*;  $Pr_{dr}$  — множество предпочтений, используемых в правилах сегментации для определения принадлежности пользователей сегментам  $Behaviour\_Type$ .

#### Пример «Интеллектуальная поддержка принятия решений для рекомендации пользователю книги в библиотеке»

Пользователь *u* обращается в библиотеку. Модель жизни пользователя *u* ( $DL_u$ ):

$User\_ID = Alex$   
 $Problem(t_0) = \text{Поиск}(2020-11-19\ 19:55:16.057)$   
 $Domain = \text{Библиотека}$

$$\left\{ Action(t_a^-, t_a^+) \right\} = \left\{ \begin{array}{l} Press.MenuItem.Search(2020-11-19\ 19:55:17.0648, 2020-11-19\ 19:55:17.926), \\ Chose.Option.Title(2020-11-19\ 19:55:18.0256, 2020-11-19\ 19:55:18.873), \\ Enter.Title."Progtramming in Java"(2020-11-19\ 19:55:19.203, 2020-11-19\ 19:55:19.936) \end{array} \right\}.$$

Интерпретация модели: 19 ноября 2020 года в 19:55 пользователь Alex обратился в библиотеку с задачей поиска. Он выполнял следующие действия: выбрал пункт меню “Search” (искать), выбрал опцию “Title” (заголовок) и ввел название книги “Programming in Java”. На момент начала работы пользователя в библиотеке время принятия решения  $t_n$  и само решение  $decision(t_n)$  не известны.

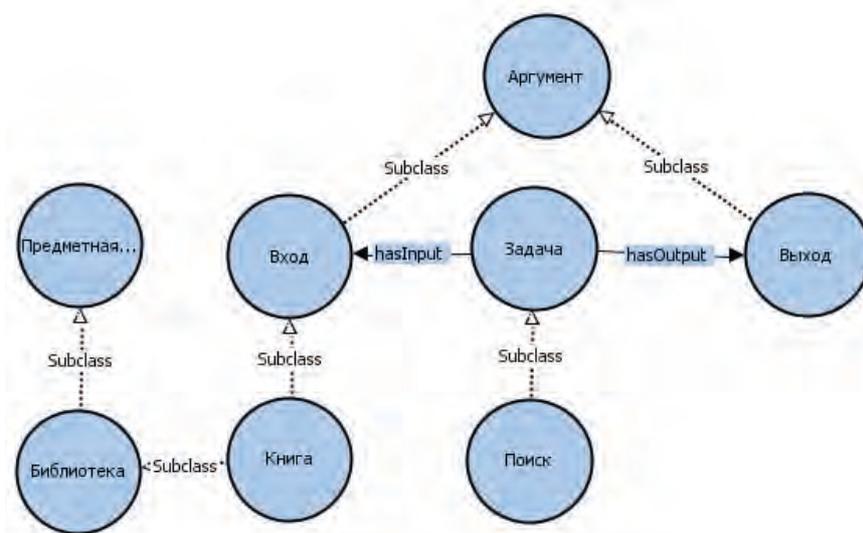
Графический пример формальной постановки рассматриваемой задачи в онтолого-ориентированном виде на языке OWL [20] приведен на рис. 7. Изображение выполнено при помощи средства визуализации OWL-онтологий — VOWL (Visual Notation for OWL Ontologies) [21]. В используемой версии VOWL возможности для представления индивидов не предусмотрены, поэтому название книги на рисунке не показано.

Значения характеристик, которые представлены в профиле пользователя и могут быть подставлены в аксиомы онтологии:

- род деятельности: библиотекарь;
- количество анализируемых критериев: не более четырех;
- набор анализируемых критериев: predetermined;
- предпочитаемые годы публикаций: современные;
- отношение предпочтения между формальными и содержательными критериями: формальные критерии на 80 % предпочтительнее, чем содержательные.

Утверждения об индивидах, полученные после подстановки значений в аксиомы, классифицировали пользователя как принадлежащему типу ЛПР-аналитик на среднем количестве известных критериев с общим представлением содержимого. В онтологии этот тип представлен классом «Аналитик\_В». В настоящей статье сама онтология не приводится из-за ограниченного объема.

Для данного типа ЛПР в проблемной области «Библиотека» существуют отображения в различные группы пользователей, которые характеризуются однотипным поведением и предпочтениями. Для установки однозначного отображения требуется дополнительный вывод. Это достигается посредством применения правил, которые связаны с полученным типом ЛПР. В частности, одним из таких правил является правило, что если в модели жизни пользователя есть действия, связанные с получением заказов



■ **Рис. 7.** Онтолого-ориентированная постановка задачи поиска книги  
 ■ **Fig. 7.** Ontology-based representation for task of book search

на библиографию, или пользователь делится библиографиями, то типу этого пользователя в рассматриваемой проблемной области соответствует группа консультантов. На языке SWRL это правило представляется множеством правил R1–R3 (данный язык не поддерживает операцию логического «ИЛИ»):

```
R1: User(?u) ^ tracedAction(?x,?y) ^
Request(?y) ^ requestedItem(?y,?x) ^
Bibliography(?z) -> User_type(Консультант)
R2: User(?u) ^ tracedAction(?x,?y) ^
Send(?y) ^ sentItem(?y,?x) ^ Bibliography(?z) ->
User_type(Консультант)
R3: User(?u) ^ tracedAction(?x,?y) ^
Makes_Shared(?y) ^ sharedItem(?y,?x) ^
Bibliography(?z) -> User_type(Консультант),
```

где *tracedAction* — отношение между классом Action (действий пользователя) и классами Request (запрос), Send (отправка) и Makes\_Shared (делиться (чем-либо)); *requestedItem* — отношение между классом Request и объектом запроса, в рассматриваемом случае Bibliography (библиография); *sentItem* — отношение между классом Send и объектом отправки (Bibliography); *sharedItem* — отношение между классом Makes\_Shared и объектом, к которому организован доступ (Bibliography).

В модели жизни активного пользователя обнаружены указанные действия, поэтому для него получено отображение: Аналитик *B* → Консультант. Обобщенный паттерн группы *lk*:

$$GP_{lk} = (\text{Консультант}, behaviour_{lk}, Pr_{lk}),$$

где *behaviour<sub>lk</sub>* — распространение библиографий; *Pr<sub>lk</sub>* — множество предпочтений группы.

Чтобы не усложнять пример, множество предпочтений не раскрыто. Примерами предпочтений являются: при наличии переизданий предпочтение отдается последнему; при наличии переводов предпочтение отдается переводу на язык консультанта; при поиске профильных публикаций предпочтение отдается профильным изданиям; при наличии электронных публикаций предпочтение отдается бесплатным и т. п.

Информация о типе пользователя как ЛПР при поиске книг в библиотеке и его поведенческих предпочтениях заносится в его профиль.

Контекст для задачи обращения пользователя в библиотеку:

$$C(T) = (Alex, \text{Аналитик\_}B(T), \text{Библиотека}(T), \text{Поиск}(T), Pr_{lk}(T)),$$

где  $T = [2020-11-19\ 19:55:16.057, t_c]$ ,  $t_c$  — текущий момент времени в СППР.

Анализ моделей жизней пользователей группы Консультант показал, что они при поиске книги “Programming in Java” выбирали книгу:

Java SE 9 : полное руководство: [пер. с англ.] / Герберт Шилдт. — Москва [и др.]: Вильямс, 2018. — 1488 с. — Пер. изд.: Java SE 9 / Herbert Schildt. — 500 экз. — ISBN 978-5-6040043-6-4 (в пер.).

Указанная книга рекомендуется пользователю. Если бы в моделях жизней пользователей не нашлось решения для задачи поиска именно этой книги, то СППР предложила бы книгу, найденную на основе предпочтений группы.

Если пользователь удовлетворен рекомендацией, то предложенное решение появляется в цифровых следах и, соответственно, в модели его жизни в цифровой среде.

## Заключение

Предложен базовый сценарий интеллектуальной поддержки принятия решений на основе моделей жизни пользователей в цифровой среде, который реализует ранее предложенную авторами данной работы концепцию интеллектуальной поддержки принятия решений на основе моделей жизни пользователей в цифровой среде. Эта концепция нацелена на формирование рекомендательных решений на основе информации, которая содержится в цифровых следах пользователей. Сценарий описывает ситуации, обрабатываемые СППР, с момента обращения пользователя к системе до момента формирования рекомендаций. Сценарий позволяет обрабатывать запросы с неполной информацией за счет учета предпочтений и анализа решений пользователей, которые имеют такой же тип поведения при принятии решений и такие же предпочтения, как и активный пользователь.

Предложен способ формирования групп пользователей с однотипными поведением и предпочтениями при принятии решений с использованием информации о сегментах пользователей, созданных в различных проблемных областях на основе поведенческих признаков этих пользователей, о правилах поведенческой сегментации и о действиях, представленных в моделях жизни пользователей в цифровой среде.

## Финансовая поддержка

Концептуальная модель, базовый сценарий интеллектуальной поддержки принятия решений на основе моделей жизни пользователей в цифровой среде, способ формирования групп пользователей с однотипными поведением и предпочте-

ниями при принятии решений разрабатывались при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-07-00455. Онтология ЛПП разрабатывалась при финансовой поддержке РФФИ в части классификации типов ЛПП в рамках научного проекта № 19-37-90094 и в части

аксиоматизации типов ЛПП в рамках научного проекта № 20-07-00490. Контекстно-зависимая типизация пользователей является частью исследований по контекстно-ориентированному поведению пользователей, которые выполнялись в рамках бюджетной темы № 0073-2019-0005.

## Литература

1. Araujo T., Helberger N., Kruikemeier S., de Vreese C. H. In AI we trust? Perceptions about automated decision-making by artificial intelligence. *AI & Society*, 2020, vol. 35, pp. 611–623. doi: <https://doi.org/10.1007/s00146-019-00931-w>
2. Han M. L., Kwak B. H., Kim H. K. CBR-based decision support methodology for cybercrime investigation: Focused on the data-driven website defacement analysis. *Security and Communication Networks*, 2019, vol. 2019, Article ID 1901548. doi: [10.1155/2019/1901548](https://doi.org/10.1155/2019/1901548)
3. Asniar Surendro K. Predictive analytics for predicting customer behavior. *2019 International Conference of Artificial Intelligence and Information Technology (ICAIIIT)*, IEEE, 2019, pp. 230–233. doi: [10.1109/ICAIIIT.2019.8834571](https://doi.org/10.1109/ICAIIIT.2019.8834571)
4. Смирнов А. В., Левашова Т. В. Контекстно-управляемый подход к интеллектуальной поддержке принятия решений на основе цифровых следов пользователей. *Информатика и автоматизация*, 2020, т. 19, № 5, с. 915–941. doi: [10.15622/ia.2020.19.5.1](https://doi.org/10.15622/ia.2020.19.5.1)
5. Lengsfeld J. *Digital Era Framework*. Bad Waldsee, Dr. Jörn Lengsfeld, 2019. 306 p.
6. Dentler K., Cornet R., ten Teije A., de Keizer N. Comparison of reasoners for large ontologies in the OWL 2 EL Profile. *Semantic Web*, 2011, vol. 2, no. 2, pp. 71–87. doi: [10.3233/SW-2011-0034](https://doi.org/10.3233/SW-2011-0034)
7. Abburu S. A Survey on ontology reasoners and comparison. *International Journal of Computer Applications*, 2012, vol. 57, no. 17, pp. 33–39. doi: [10.5120/9208-3748](https://doi.org/10.5120/9208-3748)
8. Parsia B., Matentzoglou N., Gonçalves R. S., Glimm B., Steigmiller A. The OWL Reasoner Evaluation (ORE) 2015 Competition Report. *Journal of Automated Reasoning*, 2017, vol. 59, no. 4, pp. 455–482. doi: [10.1007/s10817-017-9406-8](https://doi.org/10.1007/s10817-017-9406-8)
9. Городецкий В. И., Тушканова О. Н. Онтологии и персонализация профиля пользователя в рекомендующих системах третьего поколения. *Онтология проектирования*, 2014, т. 13, № 3, с. 7–31.
10. Vuong T., Jacucci G., Ruotsalo T. Watching inside the Screen. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 2017, vol. 1, no. 3, Article no. 109, pp. 1–23. doi: [10.1145/3130974](https://doi.org/10.1145/3130974)
11. Breiter A., Hepp A. The Complexity of Datafication: Putting Digital Traces in Context. In: *Communicative Figurations*. Cham, Springer International Publishing, 2018. Pp. 387–405. doi: [10.1007/978-3-319-65584-0\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-319-65584-0_16)
12. IJOC Special Section “Digital Traces In Context”. *International Journal of Communication / ed. by A. Hepp, T. N. Friemel, A. Breiter*. Los Angeles: USC Annenberg Press, 2018, vol. 12, pp. 439–705.
13. Pentland B. T., Recker J., Wolf J., Wyner G. Bringing context inside process research with digital trace data. *Journal of the Association for Information Systems*, 2020, vol. 21, no. 5, pp. 1214–1236. doi: [10.17705/1jais.00635](https://doi.org/10.17705/1jais.00635)
14. Glimm B., Horrocks I., Motik B., Shearer R., Stoilos G. A novel approach to ontology classification. *Journal of Web Semantics*, 2012, vol. 14, pp. 84–101. doi: [10.1016/j.websem.2011.12.007](https://doi.org/10.1016/j.websem.2011.12.007)
15. Bayer J. Customer segmentation in the telecommunications industry. *Journal of Database Marketing & Customer Strategy Management*, 2010, vol. 17, no. 3–4, pp. 247–256. doi: [10.1057/dbm.2010.21](https://doi.org/10.1057/dbm.2010.21)
16. Specification of RuleML. [http://wiki.ruleml.org/index.php/Specification\\_of\\_RuleML](http://wiki.ruleml.org/index.php/Specification_of_RuleML) (дата обращения: 31.05.2021).
17. Kifer M., Boley H. *RIF Overview*. Second Edition. W3C Working Group Note. W3C, 2013. <https://www.w3.org/TR/rif-overview/> (дата обращения: 31.05.2021)
18. Horrocks I., Patel-Schneider P. F., Boley H., Tabet S., Grosz B., Dean M. *SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML*. W3C Member Submission, 2004. <https://www.w3.org/Submission/SWRL/> (дата обращения: 31.05.2021).
19. Mehla S., Jain S. Rule Languages for the Semantic Web. In: *Emerging Technologies in Data Mining and Information Security*. Ed. by A. Abraham, P. Dutta, J. K. Mandal, A. Bhattacharya, S. Dutta. Springer Singapore. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2019. Vol. 755. Pp. 825–834. doi: [10.1007/978-981-13-1951-8\\_73](https://doi.org/10.1007/978-981-13-1951-8_73)
20. OWL 2 Web Ontology Language Document Overview. W3C Recommendation. Ed. W3C OWL Working Group. W3C, 2012. <https://www.w3.org/TR/owl2-overview/> (дата обращения: 31.05.2021).
21. Negru S., Lohmann S., Haag F. *VOWL: Visual Notation for OWL Ontologies*. Specification of Version 2.0. VisualDataWeb.org, 2014. <http://vowl.visualdataweb.org/v2/> (дата обращения: 31.05.2021).

UDC 004.89:004.822

doi:10.31799/1684-8853-2021-4-47-60

## Scenario model of intelligent decision support based on user's digital life models

A. V. Smirnov<sup>a</sup>, Dr. Sc., Tech., Professor, Chief Researcher, orcid.org/0000-0001-8364-073X, smir@iiias.spb.suT. V. Levashova<sup>a</sup>, PhD, Tech., Senior Researcher, orcid.org/00000002-1962-7044M. V. Petrov<sup>a</sup>, Researcher, orcid.org/0000-0001-7403-5036<sup>a</sup>St. Petersburg Federal Research Center of the RAS, 39, 14th Line, 199178, Saint-Petersburg, Russian Federation

**Introduction:** In the decision support domain, the practice of using information from users' digital traces has not been widespread so far. Earlier, the authors of this paper developed a conceptual framework of intelligent decision support to recommend decisions based on the user's digital life model. The present research is aiming at the development of a basic scenario that implements this framework, and the creation of an approach to grouping users with similar preferences and decision-making behaviours. **Purpose:** Predictive modeling of advisory decisions based on the information contained in the user's digital traces. **Results:** A basic scenario has been developed for intelligent decision support based on a user's digital life model. The scenario is intended to provide the user with advisory decisions based on the knowledge about his or her decision-maker type, decision support problem, and problem domain. An approach has been proposed to group users with the same kinds of preferences and decision-making behaviors, based on the information about the segments of users, behavioral segmentation rules, and actions represented in the users' digital life models. **Practical relevance:** The research results are beneficial for the development of advanced recommendation systems which follow certain standards in tracking digital traces.

**Keywords** — decision support, digital traces, user's digital life model, group pattern, decision maker ontology, decision support scenario.

**For citation:** Smirnov A. V., Levashova T. V., Petrov M. V. Scenario model of intelligent decision support based on user's digital life models. *Informatsionno-upravliaiushchie sistemy* [Information and Control Systems], 2021, no. 4, pp. 47–60 (In Russian). doi:10.31799/1684-8853-2021-4-47-60

## References

1. Araujo T., Helberger N., Kruike-meier S., de Vreese C. H. In AI we trust? Perceptions about automated decision-making by artificial intelligence. *AI & Society*, 2020, vol. 35, pp. 611–623. doi:<https://doi.org/10.1007/s00146-019-00931-w>
2. Han M. L., Kwak B. Il., Kim H. K. CBR-based decision support methodology for cybercrime investigation: Focused on the data-driven website defacement analysis. *Security and Communication Networks*, 2019, Article ID 1901548. doi:10.1155/2019/1901548
3. Asniar Surendro K. Predictive analytics for predicting customer behavior. *2019 International Conference of Artificial Intelligence and Information Technology (ICAIIIT)*, IEEE, 2019, pp. 230–233. doi:10.1109/ICAIIIT.2019.8834571
4. Smirnov A. V., Levashova T. V. Context-aware approach to intelligent decision support based on user digital traces. *Informatics and Automation*, 2020, vol. 19, no. 5, pp. 915–941 (In Russian). doi:10.15622/ia.2020.19.5.1
5. Lengsfeld J. *Digital Era Framework*. Bad Waldsee, Dr. Jörn Lengsfeld, 2019. 306 p.
6. Dentler K., Cornet R., ten Teije A., de Keizer N. Comparison of reasoners for large ontologies in the OWL 2 EL Profile. *Semantic Web*, 2011, vol. 2, no. 2, pp. 71–87. doi:10.3233/SW-2011-0034
7. Abburu S. A survey on ontology reasoners and comparison. *International Journal of Computer Applications*, 2012, vol. 57, no. 17, pp. 33–39. doi:10.5120/9208-3748
8. Parsia B., Matentzoglou N., Gonçalves R. S., Glimm B., Steigmiller A. The OWL Reasoner Evaluation (ORE) 2015 Competition Report. *Journal of Automated Reasoning*, 2017, vol. 59, no. 4, pp. 455–482. doi:10.1007/s10817-017-9406-8
9. Gorodetsky V. I., Tushkanova O. N. Ontology-based user profile personification in 3G recommender systems. *Ontology of Designing*, 2014, vol. 13, no. 3, pp. 7–31 (In Russian).
10. Vuong T., Jacucci G., Ruotsalo T. Watching inside the Screen. *Proceedings of ACM Interactive, Mobile, Wearable Ubiquitous Technologies*, 2017, vol. 1, no. 3, Article no. 109, pp. 1–23. doi:10.1145/3130974
11. Breiter A., Hepp A. *The Complexity of Datafication: Putting Digital Traces in Context*. In: *Communicative Figurations*. Cham, Springer International Publishing, 2018. Pp. 387–405. doi:10.1007/978-3-319-65584-0\_16
12. IJOC special section “Digital Traces in Context”. *International Journal of Communication*. Eds. A. Hepp, T. N. Friemel, A. Breiter. Los Angeles, USC Annenberg Press, 2018, vol. 12, pp. 439–705.
13. Pentland B. T., Recker J., Wolf J., Wyner G. Bringing context inside process research with digital trace data. *Journal of the Association for Information Systems*, 2020, vol. 21, no. 5, pp. 1214–1236. doi:10.17705/1jais.00635
14. Glimm B., Horrocks I., Motik B., Shearer R., Stoilos G. A novel approach to ontology classification. *Journal of Web Semantics*, 2012, vol. 14, pp. 84–101. doi:10.1016/j.websem.2011.12.007
15. Bayer J. Customer segmentation in the telecommunications industry. *Journal of Database Marketing & Customer Strategy Management*, 2010, vol. 17, no. 3–4, pp. 247–256. doi:10.1057/dbm.2010.21
16. *Specification of RuleML*. Available at: [http://wiki.ruleml.org/index.php/Specification\\_of\\_RuleML](http://wiki.ruleml.org/index.php/Specification_of_RuleML) (accessed 31 May 2021).
17. Kifer M., Boley H. *RIF Overview*. Second Ed. W3C Working Group Note, W3C, 2013. Available at: <https://www.w3.org/TR/rif-overview/> (accessed 31 May 2021).
18. Horrocks I., Patel-Schneider P. F., Boley H., Tabet S., Groszof B., Dean M. *SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML*. W3C Member Submission, 2004. Available at: <https://www.w3.org/Submission/SWRL/> (accessed 31 May 2021).
19. Mehla S., Jain S. *Rule Languages for the Semantic Web*. In: *Emerging Technologies in Data Mining and Information Security*. Eds. A. Abraham, P. Dutta, J. K. Mandal, A. Bhat-tacharya, S. Dutta. Springer Singapore, Advances in Intelligent Systems and Computing, 2019. Vol. 755. Pp. 825–834. doi:10.1007/978-981-13-1951-8\_73
20. *OWL 2 Web Ontology Language Document Overview*. W3C Recommendation. Ed. W3C OWL Working Group. W3C, 2012. Available at: <https://www.w3.org/TR/owl2-overview/> (accessed 31 May 2021).
21. Negru S., Lohmann S., Haag F. *VOWL: Visual Notation for OWL Ontologies*. Specification of Version 2.0. VisualData-Web.org, 2014. Available at: <http://vowl.visualdataweb.org/v2/> (accessed 31 May 2021).