

**ПЛОВДИВСКИ УНИВЕРСИТЕТ „ПАИСИЙ ХИЛЕНДАРСКИ“
ФАКУЛТЕТ ПО МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА
КАТЕДРА „КОМПЮТЪРНИ ТЕХНОЛОГИИ“**

Маргарита Христова Атанасова

**МОДЕЛ НА АДАПТИВЕН ПОТРЕБИТЕЛСКИ
ИНТЕРФЕЙС ЗА БИЗНЕС ИНФОРМАЦИОННИ
СИСТЕМИ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертационен труд
за присъждане на образователната и научна степен „доктор“
в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика;
професионално направление 4.6 Информатика и компютърни науки;
докторска програма Информатика

Научен ръководител: доц. д-р Анна Малинова

Пловдив
2018 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита пред научно жури на разширено заседание на катедра „Компютърни технологии” при Факултета по математика и информатика на Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“ на 20.03.2018 г.

Дисертационният труд съдържа 172 страници, от които 154 основен текст. Цитираната литература включва 172 източника, от които 9 на кирилица, 128 на английски език и 35 интернет източника. Списъкът с авторските публикации по темата съдържа 6 заглавия, всичките от които на английски език.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 28.06.2018 г. от 13:00 часа в Заседателната зала на новата сграда на ПУ „Паисий Хилендарски“, бул. „България“ № 236, гр. Пловдив.

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в секретариата на ФМИ, нова сграда на ПУ, каб. 330, всеки работен ден от 8:30 до 17:00 часа.

Автор: Маргарита Христова Атанасова

Заглавие: „Модел на адаптивен потребителски интерфейс за бизнес информационни системи“.

Тираж: 100 бр.
Пловдив, 2018 г.

Съдържание

Използвани съкращения	3
Обща характеристика на дисертационния труд.....	4
Актуалност на проблема	4
Основна цел и задачи на дисертационния труд.....	4
Структура и обем на дисертационния труд	5
Глава 1. Адаптивни потребителски интерфейси	5
Бизнес информационни системи.....	5
Адаптивност на потребителските интерфейси	6
Изисквания на съвременния бизнес към потребителските интерфейси	6
Проблеми при потребителските интерфейси на БИС	7
Инструменти, системи и работни рамки за моделно-ориентирана разработка на потребителски интерфейси.....	7
Глава 2. Изграждане на модел на адаптивен потребителски интерфейс за бизнес информационни системи.....	9
Структурен модел на адаптивен потребителски интерфейс	10
Функционален модел на адаптивен потребителски интерфейс за БИС.....	12
Адаптивност на потребителския интерфейс според контекста на употреба – взаимодействия и взаимовръзки	16
Глава 3. Уеб базирана интегрирана среда за моделно-ориентирана разработка на адаптивни потребителски интерфейси	20
Архитектура на “Ирис Студио”	21
Проектиране на модели на потребителския интерфейс.....	21
Глава 4. Приложение и оценка на „Ирис Студио“	27
Тестване на „Ирис Студио“ с реални потребители	30
Заклучение и приноси.....	31
Перспективи	32
Апробация.....	33
Публикации по дисертационния труд.....	33
Цитирания на авторски публикации по дисертационния труд	33
Благодарности	34
Библиография	34

Използвани съкращения

АБПИ – Абстрактен потребителски интерфейс
АИО – Абстрактен интерактивен обект
БИС – бизнес информационни системи
КПИ – конкретен потребителски интерфейс
КИО - конкретни интерактивни обекти
ПИ – потребителски интерфейс

Обща характеристика на дисертационния труд

Актуалност на проблема

Конкретиката на всеки бизнес изисква специализирани потребителски интерфейси (ПИ), които да помагат на потребителите да извършват ежедневните си бизнес дейности ефективно. Един единствен ПИ не би могъл да се справи с това разнообразие без да създаде излишество от информация. За да се нагодят към конкретиката на бизнеса и за да подобрят ползваемостта на своите потребителски интерфейси, софтуерните компании влагат големи ресурси в разработката на допълнителни екрани, след като вече продуктът е бил пуснат на пазара. Всичко това увеличава не само цената на разработка, но и цената по съпровождане на софтуера.

Съществуващите системи, инструменти и работни рамки за разработка на адаптивни потребителски интерфейси не решават проблемите за бърза и улеснена разработка или не предоставят финален потребителски интерфейс според изискванията на модерния бизнес. Решенията, които предоставят, също така са зависими от платформата или прекалено абстрактни, за да бъдат приложени бързо и лесно в реална работна среда. Проблемът, който трябва да се реши е как да се изградят адаптивни ПИ за БИС по най-бърз начин, като резултатът е според очакванията и изискванията на модерния бизнес.

Адаптивността на потребителския интерфейс зависи от спецификата на системата, от изискванията, очакванията и нуждите на потребителите. **Адаптивен потребителски интерфейс** е потребителски интерфейс, който разбира контекста на употреба на системата и е способен (автоматично) да реагира на промени в този контекст (W3C Incubator Group, 2010). **Контекстът на употреба** от своя страна представлява потребителите, задачите и оборудването (хардуер, софтуер, материали), както и физическата и социална среда, в която се използва система, продукт или услуга (ISO/IEC 25063:2014). Адаптивните потребителски интерфейси биха могли да предложат ефективно решение на проблемите, свързани с контекста на употреба и в бизнес информационните системи. Разработката на такива ПИ обаче е скъп и времеемък процес. Трудностите и проблемите, които срещат потребителите на бизнес информационни системи, както и високата цена на разработка на адаптивни потребителски интерфейси, ни насочиха към настоящото изследване.

Основна цел и задачи на дисертационния труд

Основната цел на дисертационния труд е *да се създаде модел, който предоставя структуриран подход за изграждане на адаптивни потребителски интерфейси според изискванията на съвременния бизнес. Моделът трябва да е лесен за приложение и да намали времето и цената на разработка.*

За да бъде реализирана основната цел на дисертационния труд, е необходимо да бъдат решени следните **задачи**:

1. Да се идентифицират и анализират изискванията на съвременния бизнес към потребителските интерфейси.
2. Да се изследват проблемите, които поражда потребителските интерфейси на бизнес информационни системи от страна на: крайните потребители; разработчиците; управителите на софтуерни компании; управителите на фирми-клиенти.
3. Да се анализират съществуващи подходи, инструменти, системи, архитектури и работни рамки за изграждане на адаптивни потребителски интерфейси.
4. Да се разработи модел на адаптивен потребителски интерфейс за бизнес информационни системи.
5. Да се разработи онлайн интегрирана среда на базата на създадения модел, която да улеснява и ускорява разработката на адаптивни потребителски интерфейси за бизнес информационни системи.
6. Да се проведе експеримент с потребители в реална бизнес среда за оценка на предложения подход.

Структура и обем на дисертационния труд

Дисертационният труд се състои от увод, 4 глави, заключение и използвана литература.

Първа глава – „Адаптивни потребителски интерфейси” представя изследване на изискванията на съвременния бизнес към потребителските интерфейси. Анализирани са проблемите, които срещат заинтересованите страни в бизнеса – клиенти, управители на софтуерни компании, реални ползватели на системите и разработчиците. След проучване на множество литературни източници са сравнени редица инструменти, архитектури и работни рамки за разработка на адаптивни потребителски интерфейси. Направени са изводи относно предимствата и недостатъците на подходите за разработка на такива интерфейси.

Втора глава – „Изграждане на модел на адаптивен потребителски интерфейс за бизнес информационни системи” дефинира модел за описание и реализация на адаптивни потребителски интерфейси за БИС. Предложеният модел е разделен на два подмодела: структурен и функционален. Чрез структурния даваме формална дефиниция на градивните елементи на един адаптивен ПИ, на връзките между тях, както и на нефункционалните изисквания. Чрез функционалния модел дефинираме 6 етапа, необходими за изграждането на един адаптивен потребителски интерфейс на БИС. Във втора глава още дефинираме модел на реализация на адаптивност на потребителски интерфейс и даваме различни примери за неговото приложение.

Трета глава – „Уеб базирана интегрирана среда за моделно-ориентирана разработка на адаптивни потребителски интерфейси” описва авторска среда за моделно-ориентирана разработка на адаптивни потребителски интерфейси за БИС („Ирис Студио“). Представени са архитектурата и реализираните функционалности. Посочени са предимствата при използването ѝ пред готовите средства.

Четвърта глава – „Приложение и оценка на „Ирис Студио” описва различни приложения на интегрираната среда за разработка на адаптивни потребителски интерфейси и дава редица примери за моделиране на такива интерфейси. В тази глава са включени тестовите сесии с реални потребители и са описани резултатите от тях.

В **Заключението** се анализира изпълнението на поставените задачи и постигането на основната цел. Формулирани са приносите на дисертационния труд и са посочени перспективите за развитието му. Приложен е списък с публикации по дисертационния труд.

Кратко съдържание на дисертационния труд

Глава 1. Адаптивни потребителски интерфейси

Бизнес информационни системи

Една бизнес информационна система (БИС) представлява група от взаимосвързани компоненти, които работят колективно за осъществяване на действия като въвеждане, обработка, извличане, съхранение и управление на данни, които могат да бъдат използвани за прогнозиране, планиране, контрол, взимане на решения и координиране на действията в една организация (Hardcastle, 2008).

Информационните системи, използвани в редица сфери на бизнеса, са различни по тип и функционалност в зависимост от предназначението си. Поради динамичното развитие на информационните системи, класификациите също търпят промени с течение на времето. Отделните типове ИС предоставят възможност за подпомагане на процесите по вземане на решения и обработка на данни от различна гледна точка. Поради тези причини ИС могат да се групират по различни критерии.

В разширения параграф от дисертационния труд е направен подробен обзор на различните типове информационни системи, с цел да се изясни многообразието от такива, както и да се определят основните бизнес функции, които подпомагат. Поради голямото многообразие на видове информационни системи и бизнес процеси в настоящия дисертационен труд се

фокусираме върху информационните системи, подпомагащи функционалните области на бизнеса, които са маркетинг и продажби, финанси и счетоводство, производство и човешки ресурси.

Адаптивност на потребителските интерфейси

В днешни дни потребителите очакват да могат да достъпят желаната от тях уеб страница не само от компютър, таблет или мобилен телефон, но и от своя телевизор, конзола за видео игра, а дори и от по-необичайни устройства като кухненски плот със сензорен екран (Toncelli Kitchens, Gorenje, Whirlpool) или дори от домашния си хладилник (LG Internet Refrigerator). Гъвкавостта на всяко уеб приложение е задължително условие.

За адаптивност и гъвкавост на дизайна на една компютърна система се заговаря още в края на 70-те години на 20-ти век. Много автори (Feeney & Hood, 1977), (Hayes, Ball, & Reddy, 1981), (Edmonds, 1981), (Benyon & Murray, 1988) правят различни проучвания и се опитват да намерят ефективен начин, чрез който машината да следи, разбира и запаметява дейностите на потребителя.

Екип от Цюрих са положили теоретична и практическа основа за персонализиране на работната среда (Ulich, 1978). Тя е базирана на принципи за реструктурирането ѝ, в зависимост от индивидуалните особености на работниците, техния опит и това как биха реагирали на конкретни ситуации.

Друг подход за определяне нуждите на потребителите е автоматичното извличане на модели на потребителските интереси (Chomakov, Koichev, & Grigorov, 2012). На базата на тези модели се изграждат системи с различна степен на персонализация. Тези модели съдържат подробни сведения за съответния потребител.

Друг тип адаптивност дефинират учени от университета в Цюрих: система, която притежава знания за културните особености на своите потребители и на тяхна база променя своя облик, притежава културно-адаптивен потребителски интерфейс (Reinecke, 2010). Екипът от Швейцария създава интелигентен ПИ, предлагащ автоматична адаптация към културата на потребителя. Това включва не само държавата, в която живее, но религия и образование.

Адаптивността на един потребителски интерфейс зависи и от гъвкавостта му спрямо различни устройства, техните екрани и резолюции.

До тук всички изброени типове адаптивност са приложими за системи, чиято целева група не включва потребители със специфични нужди. За хората в неравностойно положение с определена степен на инвалидност се разработват специализирани интерфейси (Kurschl, Augstein, & Stitz, 2012), (Pavlov N., 2014), (Pavlov, Rahnev, Mirchev, Gardjeva, & Krushkova, 2016) или се добавят мета данни в кода, които да носят значение за екранните четци. Система, адаптирана за хора със зрителни проблеми, трябва да разпознава гласови команди, да има опции за промяна на размера на шрифта и цветовата схема. При системи или компютърни игри времевият интервал, даден за извършването на определено действие, трябва да бъде увеличен за хората с нарушения в моториката. За други видове или степени на инвалидност системата трябва да може да обработва данни, получени от широк набор входно-изходни устройства като апарати, проследяващи погледа, мозъчните вълни, движения на главата, очите, устата.

С непрекъснато появяващите се нови устройства на пазара все повече се говори за интелигентни потребителски интерфейси, адаптиращи се към контекста на употреба. Тенденциите през 2017 г. е терминът “адаптивен потребителски интерфейс” да бъде пряко свързан със степента му на отзивчивост спрямо екрана на устройството, на което е стартиран софтуерният продукт, промените в околната среда, както и към предпочитанията и целите на потребителите.

Изисквания на съвременния бизнес към потребителските интерфейси

В тази секция от дисертационния труд правим подробен анализ на изискванията на съвременния бизнес към потребителските интерфейси. Проучили сме нуждата от ефективен, удобен, отзивчив и привлекателен потребителски интерфейс. Разглеждаме и как изискванията

на клиентите към отзивчивостта на интерфейса към различните мобилни платформи варират според държавата и региона, в който ще бъде популяризиран и използван софтуерът. Мотивираме важността от правилно проведени тестови сесии с потребители и как да бъдат получени оптимални резултати в зависимост от броя на участниците. Също така представяме как интелигентно избраната цвetoва палитра, светлосенки и фигури могат да повишат интуитивността на системата и да спомогнат за по-лесното възприемане на информацията от потребителите. В края на анализа разглеждаме и други изисквания на съвременния бизнес като инкорпорирането на фирмената идентичност в системата, нуждата от визуализиране на Големи Данни (Big Data) на мобилни устройства и необходимостта от тестване с реални потребители. Направили сме преглед на генерирането и управлението на отчети като съществена част от функционалността на повечето БИС. Едно от изискванията на всеки модерен бизнес е информацията, която получава крайният потребител да има възможност за персонализация. Това включва опциите отчетите да бъдат гъвкави и лесно да бъдат прекроявани, за да повишат максимално ефективността на ежедневната работа на служителите.

За да уточним изискванията към потребителските интерфейси на съвременния етап на изграждане на информационни системи, направихме проучване. То се базира на анализ на потребителски интерфейси на значителен брой модерни БИС, както и на съвместната ни работа с няколко големи международни компании в периода 2013 - 2017 г. Резултатите от проучването сочат, че потребителският интерфейс трябва да бъде: *ефективен, удобен и интуитивен, отзивчив и гъвкав за различните устройства, визуално издържан и привлекателен, в синхрон с корпоративната идентичност, персонализиран при отчетите и други.*

Проблеми при потребителските интерфейси на БИС

Много от бизнес информационните системи имат проблеми с удобството и лекотата на употреба, което намалява ефективността на служителите. В тази секция от дисертационния труд са представени съществени трудности при потребителските интерфейси, базирани на мнението на четирите заинтересовани страни, имащи отношение към БИС: крайните потребители, разработчиците, управителите на софтуерни компании и бизнес представителите, които интегрират такива системи в организацията си. Получените резултати сме постигнали чрез литературен преглед, интервюта с представители на заинтересованите страни и с тестови сесии върху редица бизнес приложения. В края на секцията представяме и възможно решение на голяма част от проблемите - адаптивен и контекстно-зависим потребителски интерфейс, който в различните ситуации да оказва адекватна подкрепа на потребителя.

Като цяло бизнес приложенията са трудни за употреба от средностатистическия служител. А потребителските интерфейси, които не са адаптирани към нуждите и културата на предприятието значително намаляват производителността на персонала. Именно затова по цял свят потребителското преживяване се превърна в основна тема на обсъждане на редица софтуерни конференции.

Потребителите на БИС посочват като един от основните проблеми количеството време, което им е необходимо, за да се научат как да използват приложението. Този период се удължава от: липсата на подходяща помощ от страна на системата, нейното неадаптивно поведение към потребителите, използваната терминология, сложността на системата и други конкретни проблеми с ползваемостта.

Инструменти, системи и работни рамки за моделно-ориентирана разработка на потребителски интерфейси.

Адаптивните потребителски интерфейси са представени като възможно решение на някои от гореспоменатите проблеми, като предоставят на потребителите софтуер, пригоден за техните нужди (Reinecke, Minder, & Bernstein, 2011), (Akiki, 2014), (Taktak, Riahi, & Moussa, 2016). По този начин се повишава производителността на служителите, които изпълняват своите ежедневни задачи по-бързо и ефективно, от което се решават и голяма част от проблемите на управителите на бизнес и софтуерни компании.

Подходи за разработка на потребителски интерфейси

В литературата са описани и анализирани различни похвати за разработката на потребителски интерфейси (Akiki, 2014):

- **Традиционно програмиране и език за маркиране.** Въпреки, че се научава бързо и предоставя завършени решения с добър контрол върху потребителския интерфейс, резултатите винаги са технологично-зависими. Адаптиране на интерфейса към различни контексти на употреба след това значително увеличава цената на разработка.
- **Помощни инструменти и мениджъри на прозорци.** В сравнение с традиционното програмиране те намаляват времето и цената за разработка, но отново не се решава проблемът с технологичната зависимост. Решенията, които се предоставят са тясно свързани с конкретен програмен език, често са трудни за надграждане и разширяване.
- **Моделно-ориентирана разработка.** Моделно-ориентираният подход се използва с цел да се идентифицират технологично-независими модели от високо ниво, за да може да се изготви детайлна спецификация и анализ на една интерактивна система от семантична гледна точка, вместо незабавно да се фокусира върху въпроси по реализацията от по-ниско ниво (Meixner, Paternò, & Vanderdonckt, 2011). Освен това се намалява цената на разработка на адаптивни потребителски интерфейси като се предоставя възможност за лесно надграждане и допълване на моделите.

В настоящия дисертационен труд сме избрали и приложили третия от изброените подходи. *При него се предоставя структуриран подход, чрез който могат да се описват адаптивни, технологично-независими потребителски интерфейси.*

Моделно-ориентираната разработка на адаптивни ПИ е предпочитан метод в редица научни трудове и публикации (Feuerstack, Blumendorf, Lehmann, & Albayrak, 2006), (Criado, Vicente-Chicote, Padilla, & Iribarne, 2010), (Taktak, Riahi, & Moussa, 2016), (Akiki, Bandara, & Yu, 2016), (Berti & Schwabe, 2016).

Системи, архитектури и работни рамки за моделно-ориентирана разработка на потребителски интерфейси

За моделно-ориентираната разработка започва да се говори още през 80-те години на 20-ти век. В литературата (Schlungbaum, 1996), (Da Silva, 2000), (Paternò, Santoro, & Spano, 2009), (Meixner, Paternò, & Vanderdonckt, 2011) се обособяват четири поколения моделно-базирани системи за разработка на ПИ. В този параграф от дисертационния труд е представено сравнение на системите от 4-то поколение според няколко важни критерия: поддържани модели (модел на задачи, абстрактен модел, конкретен модел, друг вид модел), възможност за генериране на финален потребителски интерфейс, използвана технология за финалния ПИ и опция за добавяне на адаптивност. На база на тези критерии сме направили изводи относно възможностите на системите за тяхното приложение в реална бизнес среда, степента, в която могат да бъдат разширявани с нови технологии и кои от тях предлагат механизъм за добавяне на адаптивност към потребителския интерфейс.

Заклучение и изводи

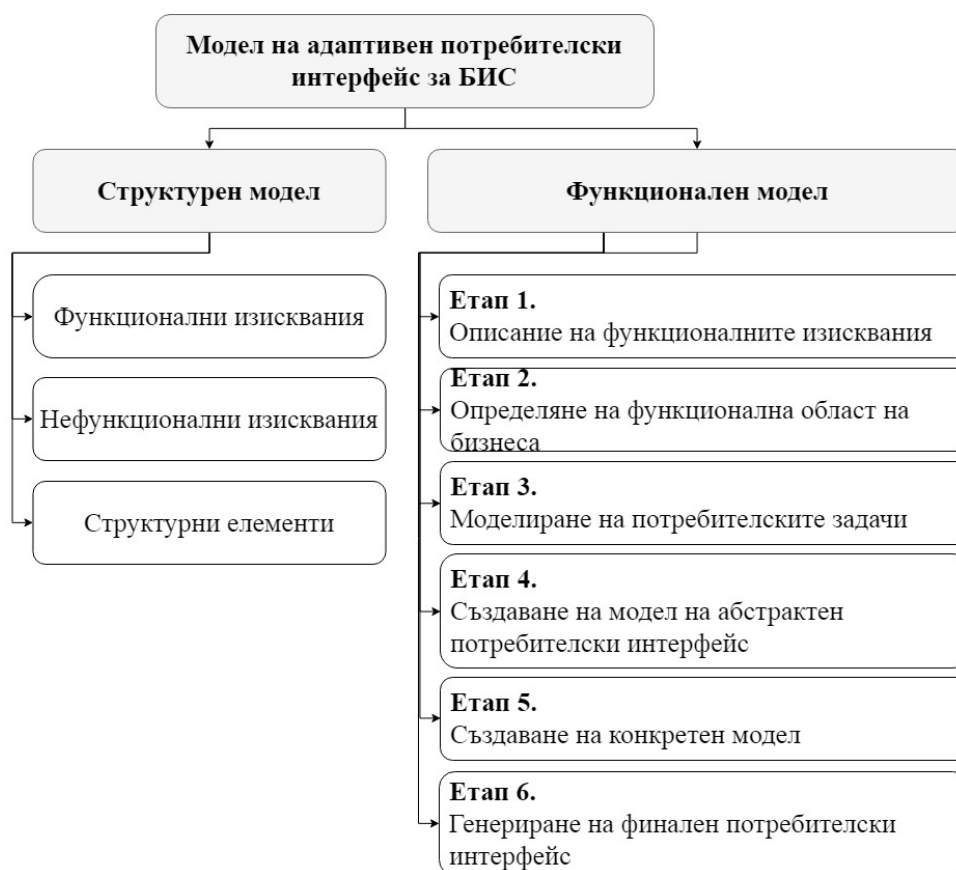
В резултат на направения анализ на инструментите за моделно-ориентирана разработка на ПИ се забелязват редица ограничения. Възможността за участието на дизайнер с цел подобряване на визуализацията или ползваемостта на употреба е сведена до минимум. Генерираният резултат от повечето разгледани системи не представлява готов за директна експлоатация ПИ. Голяма част от инструментите изискват задълбочени познания по моделиране или програмиране, за да бъдат използвани успешно и ефективно. Някои от тях предоставят частично моделиране на ПИ от различни гледни точки, т.е. при някои липсват модели на задачи, абстрактен платформено-независим модел или финален потребителски интерфейс. Само една част от разгледаните системи предоставят техники и инструменти, с които се подпомага процесът за моделиране на адаптивни потребителски интерфейси.

В Глава 2 сме описали модел, който преодолява тези ограничения, предоставяйки формален подход за описание и реализация на адаптивни ПИ за БИС. На базата на този модел сме

реализирали онлайн интегрирана среда за моделно-ориентирана разработка на адаптивни потребителски интерфейси (Глава 3). Фокусът ни е средата да бъде интуитивна и лесна за употреба не само от програмисти, но и продуктови мениджъри, клиенти, представители на отдел продажби и дизайнери. Целта ни е бързо и лесно да може да се изготви един адаптивен потребителски интерфейс, като се започне от изискванията на клиентите (описание на потребителските задачи), през избиране на участващите елементи за вход и изход, генериране на скица и на финален дизайн, както и добавяне на адаптивност и фирмена идентичност. Това би дало възможност програмисти, дизайнери, мениджъри и клиенти да работят заедно, изяснявайки изискванията, преди същинската разработка и би спомогнало за правилното определяне на бюджета на даден проект.

Глава 2. Изграждане на модел на адаптивен потребителски интерфейс за бизнес информационни системи

В настоящата глава от дисертационния труд дефинираме и построяваме модел на адаптивен потребителски интерфейс в контекста на БИС. Чрез този модел целим да представим формален подход за описание и реализация на адаптивни ПИ за БИС.



Фиг. 1 Модел на адаптивен потребителски интерфейс за БИС.

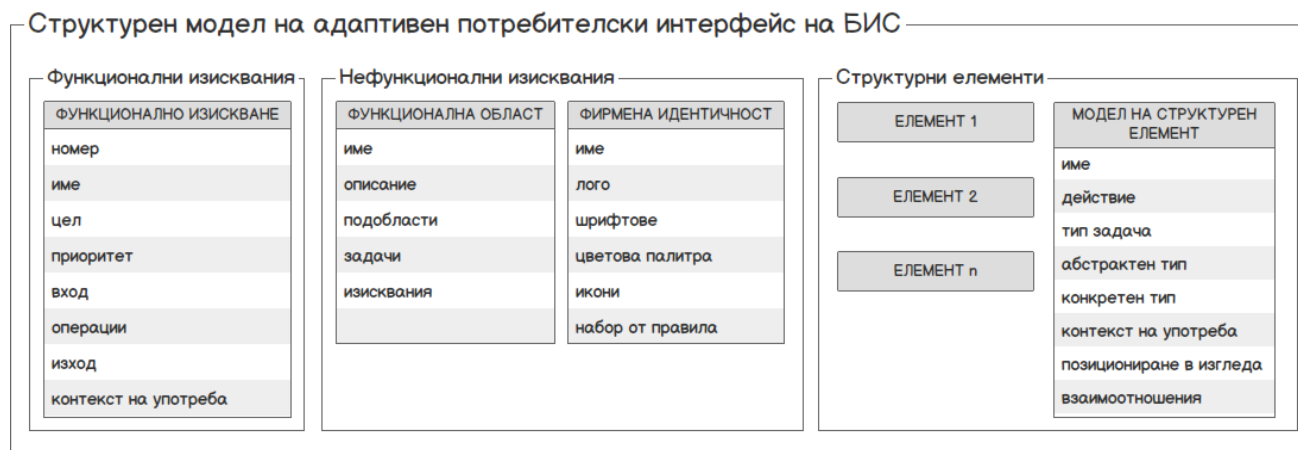
На Фиг. 1 е представен предложеният модел. Разглеждаме го като изграден от два взаимодопълващи се подмодела:

1. **Структурен модел**, който описва структурата на адаптивния потребителски интерфейс, неговите съставни елементи и връзките между тях. Този модел е изграден от своя страна от 3 подмодела:
 - а) Модел на функционалните изисквания
 - б) Модел на нефункционалните изисквания
 - в) Модел на структурните елементи
2. **Функционален модел**, чрез който дефинираме етапите, необходими за изграждането на един адаптивен потребителски интерфейс на БИС. Във функционалния модел определяме шест етапа за разработка на адаптивни ПИ.

Предложените структурен и функционален модели са реализирани в разработената за целите на дисертационния труд среда за моделно-ориентирана разработка на ПИ „Ирис Студио“, описана в Глава 3. За удобство в настоящата глава сме добавили препратки към конкретни екрани от системата, с които да онагледим предложените модели. По-нататък в Глава 2 е даден модел на реализация на адаптивност на потребителски интерфейс, дадени са примери, описана е функционална схема на адаптивността на потребителските интерфейси и са представени взаимодействията и взаимовръзките между контекста на употреба, потребителя, графичния интерфейс и сървър, отговарящ за обработката на получената информация.

Структурен модел на адаптивен потребителски интерфейс

Структурният модел на ПИ, предложен в настоящия дисертационен труд, е разгледан от гледна точка на БИС, които предлагат адаптивност към контекста на употреба.



Фиг. 2. Структурен модел на адаптивен потребителски интерфейс на БИС

На Фиг. 2 е показан предложения структурен модел на адаптивен ПИ за БИС. Чрез него целим да опишем формално съставните елементи в потребителския интерфейс, изискванията към тях и общите им характеристики. Предлагаме разделяне на структурния модел на три взаимодопълващи се подмодела, които обуславят цялостност и изчерпателност на модела:

А) Модел на функционалните изисквания – дава формално описание на едно функционално изискване според съставните му части - какви параметри трябва да се дефинират, за да предостави точно и ясно очакваната функционалност.

Б) Модел на нефункционални изисквания, който цели да даде описание на общите изискванията към структурата, зависимостите и ограниченията, които пораждат при създаването на потребителски интерфейси.

В) Модел на структурни елементи, който да даде описание на основните елементи, участващи в структурата на един адаптивен потребителски интерфейс за БИС.

Модел на функционалните изисквания

Функционалните изисквания към системата и потребителският интерфейс се задават на база клиентските изисквания. Главните точки, които се използват за дефиниране на едно функционално изискване варират според използваната методология (Scrum, Kanban, Waterfall), според културата на софтуерната компания и според софтуерът, който се използва за управление на задачите на разработчиците (Jira, Redmine и др.). Чрез функционалните изисквания се описват услугите, които трябва да предоставя софтуерната система, как да реагира на специфичен вход и в определени ситуации. В модела на функционалните изисквания, показан на Фиг. 3, сме включили **основните необходими елементи**, които трябва да бъдат описани, за да има смисъл и приложимост това изискване в реална работна среда: пореден номер на изискването, име, приоритет, цел, входни данни, операции над тях, изходни данни и контекст на употреба.

Модел на функционалните изисквания

ФУНКЦИОНАЛНО ИЗИСКВАНЕ	
НОМЕР	ПОРЕДЕН НОМЕР НА ИЗИСКВАНЕТО
ИМЕ	НАИМЕНОВАНИЕ НА ИЗИСКВАНЕТО
ПРИОРИТЕТ	СТЕПЕН НА ВАЖНОСТ
ЦЕЛ	КАКВО ТРЯБВА ДА СЕ СЛУЧИ
ВХОД	ОПИСАНИЕ НА ВХОДНИ ДАННИ / РЕСУРСИ / ВАЛИДНИ СТОЙНОСТИ И ДР.
ОПЕРАЦИИ	ОПИСАНИЕ НА ОПЕРАЦИИТЕ НЕОБХОДИМИ ЗА ПОСТИГАНЕ НА ЦЕЛТА
ИЗХОД	ОПИСАНИЕ НА ОЧАКВАНИЯ РЕЗУЛТАТ
КОНТЕКСТ НА УПОТРЕБА	ВКЛЮЧЕНИ КОНТЕКСТИ НА УПОТРЕБА

Фиг. 3. Модел на функционалните изисквания

Модел на нефункционалните изисквания към потребителски интерфейс

Моделът на нефункционалните изисквания използваме, за да опишем общите параметри за един ПИ на БИС. Тези параметри се прилагат към всички екрани на софтуерната система, като задават правила, изисквания и ограничения, от които зависи цялостната визия на потребителския интерфейс. По-конкретно сме моделирали **функционалната област**, от която произлизат различни изисквания и ограничения и **фирмената идентичност**, като двете най-основни групи. Следва описание на модела на функционалната област и модела на фирмената идентичност.

Модел на функционална област

БИС могат да бъдат категоризирани по функционални области. Най-често това са: финанси и счетоводство, маркетинг и реклама, производство и продажби и управление на човешките ресурси. Една функционална област може да бъде описана посредством: име, описание, подобласти, общоприети задачи, потребителят може да изпълнява със софтуера и специфични изисквания към ПИ, произлезли от тези задачи. Използваме тези елементи, за да дефинираме модел на функционалната област, посочен на Фиг. 4.

Модел на функционална област

име	название на областта
описание	описание на обхвата и предназначението на областта
подобласти	включени звена във функционалната област
задачи	общоприети потребителски задачи към областта
изисквания	специфични изисквания към потребителския интерфейс произлезли от тези задачи

Фиг. 4. Модел на функционалната област на ПИ за БИС

Модел на фирмена идентичност

Фирмената идентичност на една компания е съвкупност от визуални елементи (лого, шрифт, графики, икони), с които фирмата става разпознаваема и с които комуникира със своите клиенти в различните медии. Моделът на фирмената идентичност представяме на Фиг. 5. Състои се от име, лого, шрифтове, цветова палитра, икони и набор от правила за прилагане на фирмената идентичност.

Модел на фирмена идентичност

име	наименование на софтуерния продукт / име на компанията
лого	графичен елемент или емблема на компанията / софтуерния продукт
шрифтове	семејство шрифтове използвано при създаването на фирмената идентичност
цветова палитра	набор от цветове в RGB формат
икони	пакет от графични елементи
набор от правила	описание в текстов формат на правилата за прилагане на фирмената идентичност

Фиг. 5. Модел на фирмената идентичност в контекста на ПИ за БИС

Модел на структурен елемент на потребителския интерфейс

Всеки ПИ е изграден от структурни елементи. Това са текстови полета, бутони, графики, изображения, таблици и много други. При адаптивните ПИ всеки елемент трябва да съдържа знание за това при кой контекст на употреба се визуализира. За да изготвим структурен модел на потребителския интерфейс и съответно модел на елемент към този ПИ, трябва да отговорим на следните въпроси:

- 1. Какво?** Какво цели потребителят, каква задача трябва да изпълни?
- 2. Как?** Как ще се визуализира тази задача, кой е най-подходящият начин?
- 3. Кога?** Кога ще изпълни тази задача? При какви условия, в какъв контекст?
- 4. Къде?** Кое е най-подходящото място в структурата на потребителския интерфейс?

За тази цел трябва да определим:

- типа на задачата, която ще се моделира (Какво?);
- от какъв абстрактен, платформено-независим тип е (Какво?);
- конкретен тип визуализация (Как?);
- контекст на употреба (Кога?);
- позиционирането спрямо другите елементи и спрямо цялостната структура (Къде?);

За да дадем отговори на тези въпроси всеки структурен елемент в контекста на моделно-ориентираната разработка на адаптивни потребителски интерфейси трябва да има следните атрибути: текст, тип задача, абстрактен тип, конкретен тип, контекст на употреба, позициониране на елемента, взаимоотношения. На Фиг. 6 е представен модел на структурен елемент с представени характеристики.

Модел на структурен елемент

име	име на обекта
действие	име на свързаното с този обект действие
тип задача	от кого или как се изпълнява задачата (потребител/система)
абстрактен тип	как се получава информацията - вход / изход / контрол и др.
конкретен тип	дефинира външния вид и поведението на елемента
контекст на употреба	в кои случаи структурният елемент търпи промяна
позициониране	къде в структурата се намира спрямо другите елементи
взаимоотношения	връзки с другите елементи

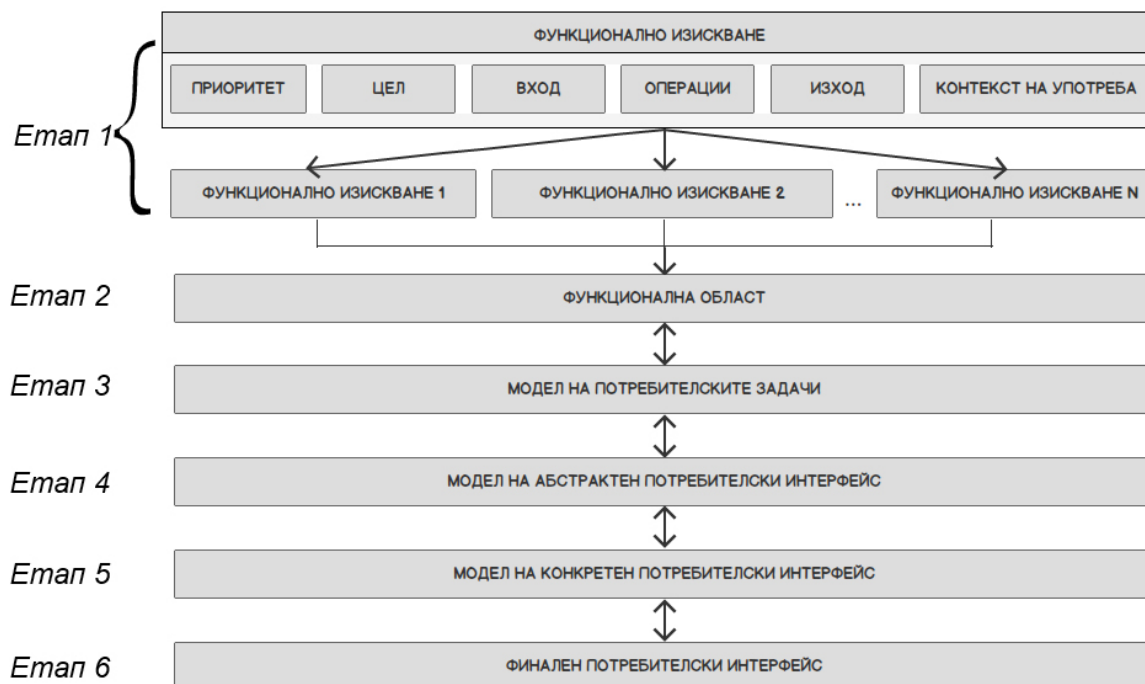
Фиг. 6. Модел на структурен елемент в контекста на ПИ за БИС

Функционален модел на адаптивен потребителски интерфейс за БИС

Функционалният модел на ПИ, предложен в настоящия дисертационен труд, е представен от гледна точка на БИС, които предлагат адаптивност към контекста на употреба. Чрез този

модел целим да дадем структурирана последователност от действия, необходими за изграждането на един адаптивен потребителски интерфейс на БИС.

На Фиг. 7 е представен функционален модел за моделно-ориентирана разработка на адаптивни потребителски интерфейси.



Фиг. 7. Функционален модел на адаптивен потребителски интерфейс на БИС

В него са включени 6 основни етапа, детайлно представени в дисертационния труд:

Етап 1. Описание на функционалните изисквания - Дава се описание на клиентските изисквания към функциите на системата, както е описано в точка 2.1.1 от структурния модел.

Етап 2. Определяне на функционална област на бизнеса - Дефинира се функционалната област на бизнеса, както е описано в точка 2.1.2.1. от структурния модел.

Етап 3. Моделиране на потребителските задачи - Описва се логическата последователност от действия, която потребителят трябва да извърши, за да достигне до дадена цел.

Етап 4. Създаване на модел на абстрактен потребителски интерфейс - Описва се формално платформено-независим модел, представляващ абстрактен потребителски интерфейс. Тук няма детайли по визуалното представяне на елементите или по тяхното поведение.

Етап 5. Създаване на конкретен модел - Създава се конкретният ПИ – съвкупност от конкретни визуални компоненти.

Етап 6. Генериране на финален потребителски интерфейс - В последният етап се създава финалният потребителски интерфейс, който съдържа програмния код.

Етап 1 и Етап 2 са свързани с описанията на функционалните изисквания и на функционалната област на бизнеса и дефинират съставните елементи на тези модели, както е описано в структурния модел. Етапите 3 - 6 следват нивата на абстракция в цикъла на разработка на един ПИ, както е дефинирано според концептуалната работна рамка Cameleon (The Cameleon Reference Framework), проект на W3C, а именно: дефиниране на област и задачи, моделиране на абстрактен и конкретен потребителски интерфейс, и създаване на финален потребителски интерфейс (Calvary, et al., 2003). Концептуалната работна рамка Cameleon е широко използвана и добре приета като референция за структуриране и класифициране на процеси за моделно-ориентирана разработка на потребителски интерфейси, които поддържат различни контексти на употреба. Cameleon Reference Framework (CRF) предлага мета-модели за етапи 4 и 5, давайки концептуални описания за различни аспекти на ПИ при множество

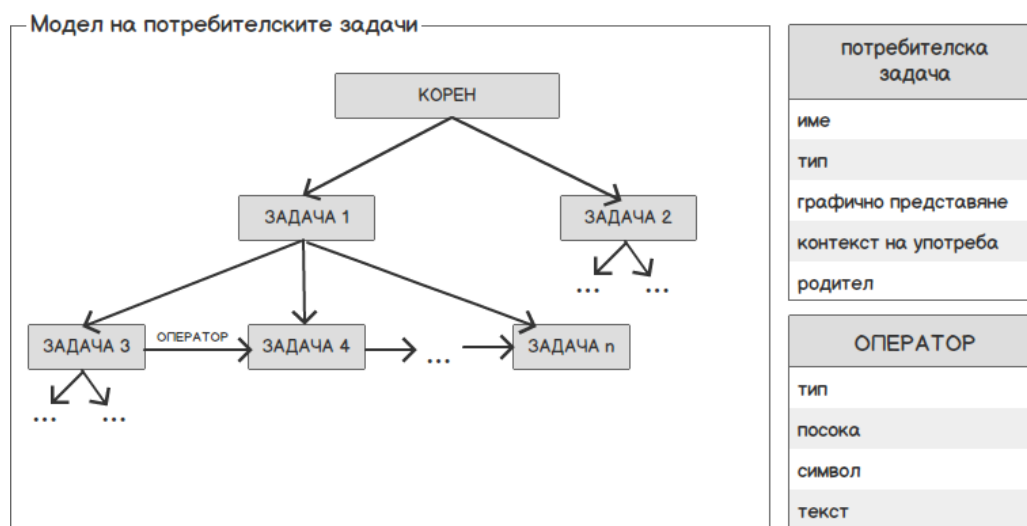
контексти на употреба. CRF не предлага описание и модел на финален потребителски интерфейс.

Следвайки идеологията на CRF, предлагаме конкретни описания и построяваме модели на:

- **Потребителските задачи**
- **Абстрактен потребителски интерфейс**
- **Конкретен потребителски интерфейс**
- **Финален потребителски интерфейс**

Модел на потребителските задачи

За Етап 3 от функционалния модел предлагаме модел на потребителски задачи, чрез който проектантите на потребителски интерфейси ще могат да прилагат структуриран подход за описание на потребителските действия, като по този начин се фокусират върху потребителите и техните цели, а не върху технология и реализация (Фиг. 8). Моделите на задачи предоставят на дизайнерите подход за манипулиране и описание на формални абстракции от действия, които трябва да бъдат изпълнени от потребителя, за да постигне своите цели.



Фиг. 8. Модел на потребителските задачи

В литературата са описани, сравнени и оценени различни модели на задачи, методи на анализ на задачи и помощни инструменти (Limbourg & Vanderdonckt, 2004), като всеки един от тях има своите силни и слаби страни, които могат да са преимущество или недостатък в зависимост от нуждите и целите на проекта. Тъй като ConcurTaskTrees е нотация, разработена специално за нуждите на моделно-ориентираната разработка на потребителски интерфейси (Paternò, 2003), сравнително лесна е за научаване, няма ограничения и предлага добри възможности за описание на адаптивно поведение, сме разработили нашия модел на база на някои основни понятия от СТТ: йерархична структура, задача и връзка между задачите.

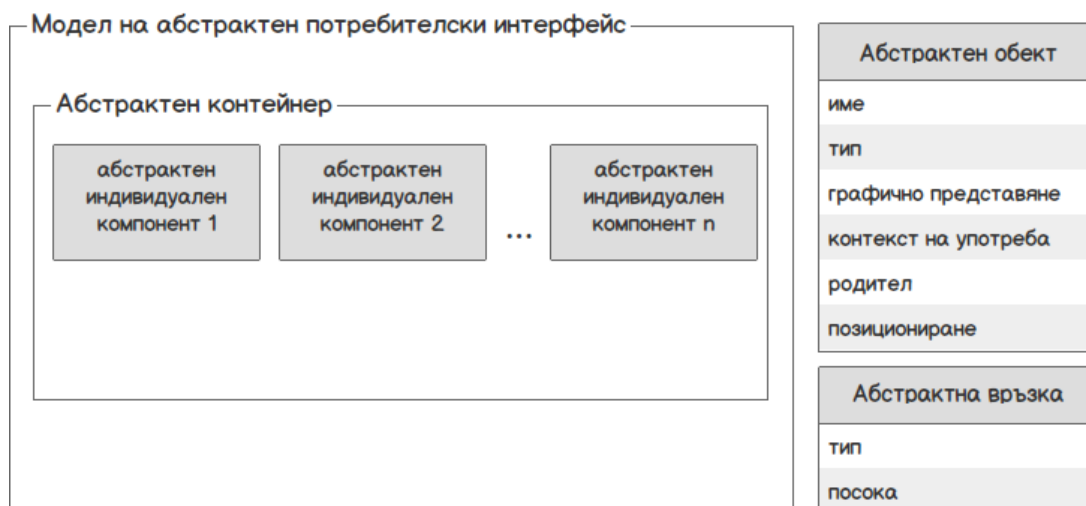
Представеният модел се състои от **потребителски задачи**, подредени в йерархична структура. Задачите, които са разположени на едно йерархично ниво могат да бъдат свързани помежду си посредством **оператор**. Това спомага за моделиране на функционалността на системата и потребителския интерфейс преди същинската реализация. Всяка задача има и контекст на употреба.

Примерни модели на задачи, разработени по предложения модел са представени на Фиг. 15 (стр. 22), Фиг. 19 (стр. 27), Фиг. 20 (стр. 28), Фиг. 21 (стр. 28).

Модел на абстрактен потребителски интерфейс

Абстрактният потребителски интерфейс (АБПИ) представлява формално, платформено-независимо описание на потребителския интерфейс, без детайли по визуалното оформление или поведението на системата (Constantine, 2003). Все още в литературата не е дадена стандартна нотация за описанието на АБПИ (Wurdell, 2011). В посочения модел на Фиг. 9 разглеждаме един абстрактен потребителски интерфейс като изграден от **абстрактни обекти**.

Те от своя страна могат да бъдат различни типове: **контейнери** или **абстрактни индивидуални компоненти**. За **абстрактните връзки** между обектите приемаме, че съвпадат с дефинираните оператори в модела на задачи.



Фиг. 9. Модел на абстрактен потребителски интерфейс

Примерен абстрактен модел на потребителски интерфейс, създаден в „Ирис Студио“, е представен на Фиг. 16, стр. 23.

Модел на конкретен потребителски интерфейс

Конкретният потребителски интерфейс (за краткост КПИ) представлява модел на потребителски интерфейс, който е зависим от начина на приемане/предаване на информация (глас, допир, визуално, слухово и др.), платформено-независим и независим от реализацията (Molina, et al., 2012), (Calvary, et al., 2003). Чрез този модел се дефинира външния вид и поведението на интерфейса чрез елементи, които могат да бъдат възприети от потребителя. КПИ е съставен от конкретни интерактивни обекти (КИО) и конкретни връзки (Montero & López Jaquero, 2006). Също както и при абстрактния ПИ, няма стандартна нотация за КПИ (Pleuss, Botterweck, & Dhungana, 2010).



Фиг. 10. Модел на конкретен потребителски интерфейс

В предложения модел на КПИ, посочен на Фиг. 10, дефинираме един главен контейнер, който за удобство ще наричаме **прозорец**. В него **конкретните обекти** разполагаме в решетка, съставена от **редове и колони**. За броя на редовете няма ограничение, докато при колоните максималният допустим брой е 12. Това се прави с цел да се осигури добра поддръжка от front-end работни рамки на следващата стъпка (създаването на финалния потребителски интерфейс).

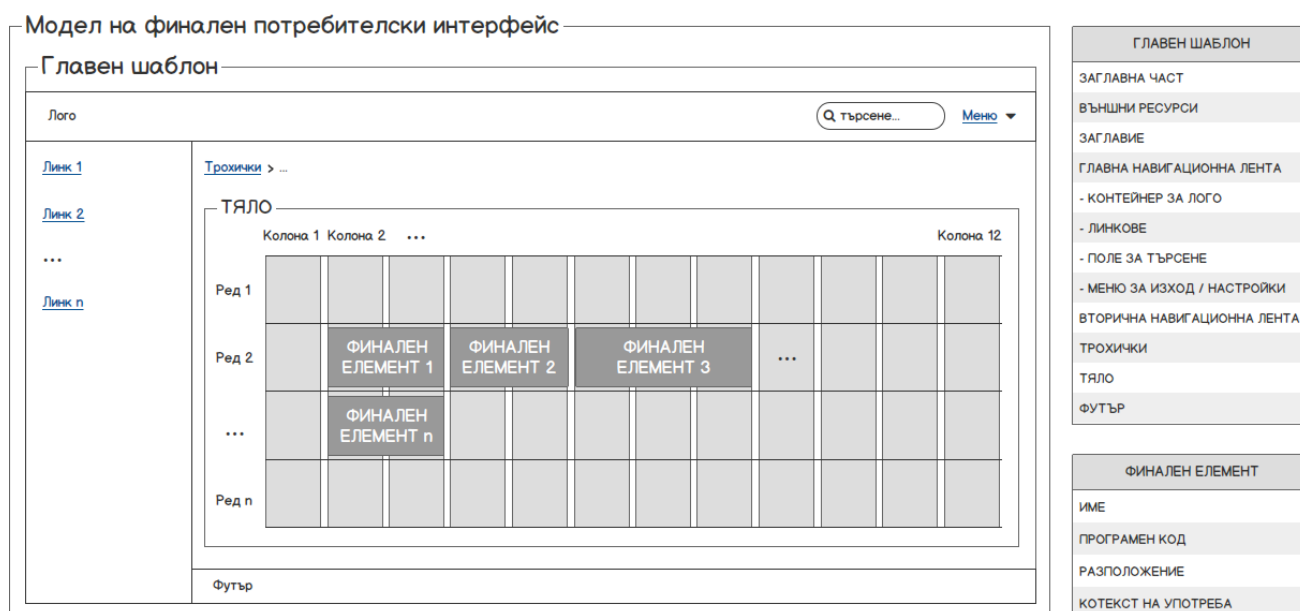
Според предложението на Фиг. 10 модел прозорецът представлява една страница от потребителския интерфейс, съставена от редове и колони. В тях разполагаме конкретните

обекти, свързани с конкретни връзки помежду си. Реализиран КПИ е представен на Фиг. 17, стр. 24.

Модел на финален потребителски интерфейс

Последна стъпка от моделирането на адаптивен потребителски интерфейс за БИС се явява създаването на финалния потребителски интерфейс. Той представлява реализация от гледна точка на платформено-специфична реализация и програмен код. Може да бъде на всякакъв език за описание на потребителски интерфейси като инструментите на Java GUI, HTML и CSS и др.

На Фиг. 11 е представен модел на финален ПИ за БИС. В основата на този модел стои **главен шаблон**, в който се разполагат **финалните елементи**. В главния шаблон се дефинира общата част от ПИ, която се вижда на всички екрани. Тук се задават и използваните външни ресурси. В този главен шаблон влиза главният контейнер (тялото), в който се разполага моделираната задача. Главният шаблон представлява физически файл, който е различен за всяка технология. Ако финалният потребителски интерфейс е за уеб, главният шаблон може да е template.html. Ако е за Java-базирана работна рамка, може да е template.jsp и т.н.



Фиг. 11. Модел на финален потребителски интерфейс

Главният шаблон по предложения модел се състои от: заглавна част, външни ресурси, заглавие, главна навигационна лента, вторична навигационна лента, трохици, тяло и футър. Финалните елементи се разполагат в тялото на главния шаблон и се подреждат в редове и колони. Един финален елемент според предложения модел е изграден посредством програмен код. В програмния код се включва информация относно връзките, които има с другите задачи, наименования на действието и контекста на употреба, при който е видим елементът.

В „Ирис Студио“ сме реализирали генерирането на финален потребителски интерфейс по предложения модел. Разработили сме 2 главни шаблона съответно един за XML и един за HTML/CSS, тъй като сме предоставили възможност финалният ПИ да бъде изтеглен в различни формати. На Фиг. 18 е представени финален ПИ, генерирани чрез „Ирис Студио“.

Адаптивност на потребителския интерфейс според контекста на употреба – взаимодействия и взаимовръзки

Модел на реализация на адаптивност на потребителски интерфейс

На Фиг. 12 сме предложили модел на реализация на адаптивност на потребителски интерфейс. Чрез него дефинираме задължителните параметри, които трябва да бъдат определени, за да може един потребителски интерфейс да „реагира“ на промени в контекста на употреба. Това са **структурен елемент** от потребителския интерфейс, който ще участва в адаптацията, **контекст** (обстоятелствата, при които системата се използва), **правила** (набор от

задължаващи операции, указващи поведението на структурния елемент при настъпване на контекста), **събитие** (обстоятелството, което води до промяна на контекста), **слушател** (функция в програмния код на приложението, което чака да се случи събитието).

Модел на реализация на адаптивност на потребителски интерфейс

структурен елемент	обект от ПИ, участващ в адаптивността
контекст	обстоятелствата, при които се използва потребителският интерфейс
правила	набор от задължаващи операции, указващи поведението на структурния елемент
събитие	обстоятелство, което води до промяна в контекста
слушател	функция в програмния код, която следи кога ще се случи събитието

Фиг. 12. Модел на реализация на адаптивност на потребителски интерфейс

В този параграф от дисертационния труд даваме примери за шест вида адаптивност, прилагайки предложения модел:

Пример 1: **Адаптивност спрямо културните предпочитания.** Използвайки предложения модел, в конкретния пример моделираме реализация на адаптивност към потребители от Индия и към потребители от Великобритания.

Пример 2: **Адаптивност спрямо потребителски роли.** Използвайки предложения модел, в примера моделираме реализация на адаптивност към потребители с различни роли в една БИС: администратор, изпълнителен директор, специалист човешки ресурси (ЧР).

Пример 3. **Адаптивност спрямо околна среда.** За този пример ще моделираме реализация на адаптивност спрямо локацията на потребителя – в офиса и извън офиса. Когато е в офиса и използва адаптивен потребителски интерфейс на примерната БИС, ще има достъп до бърза връзка със служителите от администрация.

Пример 4. **Адаптивност спрямо умения на потребителя.** За този пример по предложения модел на реализация на адаптивност описваме контекст на употреба за начинаещи потребители, при който се визуализира видео урок.

Пример 5. **Адаптивност спрямо хардуер и софтуер.** За този пример моделираме реализация на адаптивност спрямо хардуер: засичане на микрофон при използване на текстообработваща програма. Ако има микрофон, свързан към компютъра, то потребителят вижда бутон “Диктовка на текст”.

Пример 6. **Адаптивност към хора с увреждания.** За пример ще моделираме адаптивност към деца с аутизъм. Много деца, родени с увреждането, имат затруднения в ученето, заради забавените умения за обработка на езика (Neuro Therapy, 2018). Примерът е базиран на програмата за деца с аутизъм Fast ForWord (Scientific Learning Corporation, 2015), чрез която се подобряват уменията за четене на базата на визуални и звукови стимули.

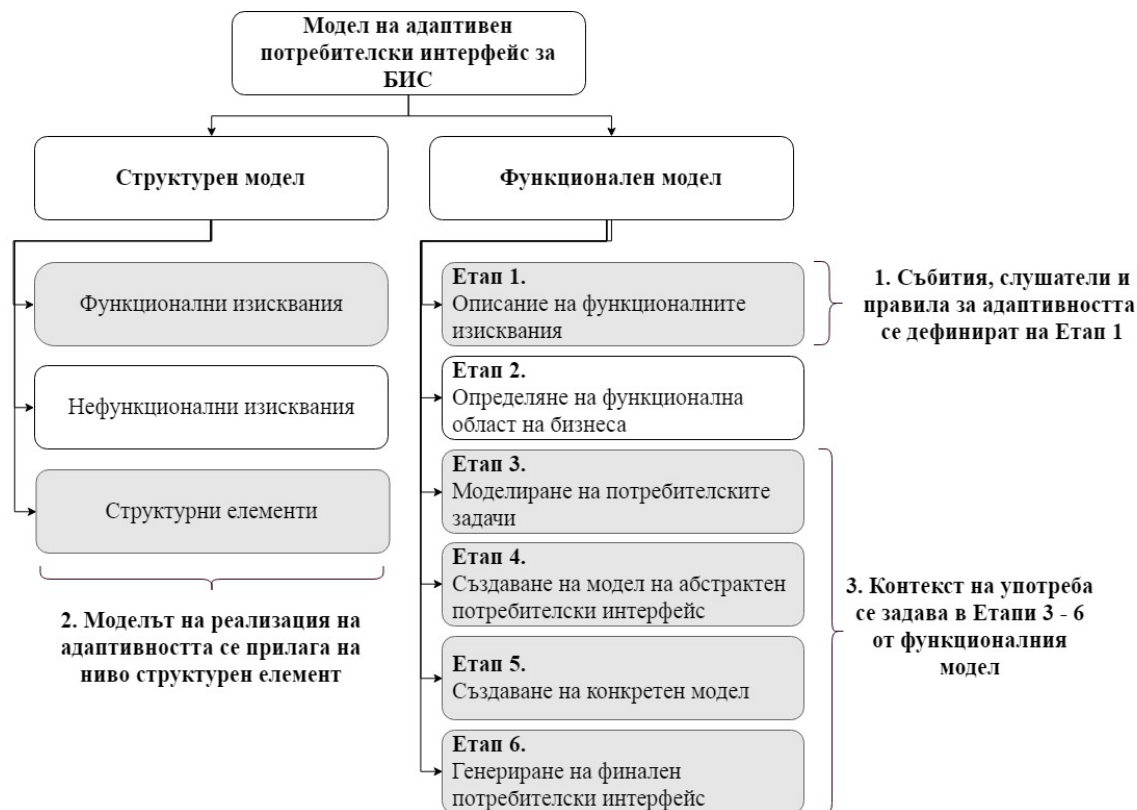
Взаимодействие със структурния и функционалния модели

Реализацията на адаптивност става на няколко стъпки, като това засяга пряко предложените структурен и функционален модели (Фиг. 13). На Етап 1 от функционалния модел се определят събития, слушатели и правила за адаптивността, а на Етапи 3 – 6 може да се избере структурен елемент, който да се променя според определените правила при очаквания контекст.

Следва по-детайлно описание на процеса за реализация на адаптивност на ПИ:

1. Определят се събитията, при които може да възникне промяна на контекста във функционалните изисквания. Примерни събития:
 - отваряне на системата през различно устройство;
 - използване на системата от различна локация;
 - използване на системата за първи път;
 - използване на системата от човек със степен на инвалидност;
 - използване на системата при слаба Интернет връзка и др.

2. Определят се изискванията към програмната и хардуерната реализация на слушатели, които да следят кога се случва събитието за промяна в контекста. Отново се описват във функционалните изисквания.
3. Дефиниране на правилата, указващи поведението на елементите на потребителския интерфейс при настъпване на очакваното събитие.
4. Избор на структурните елементи, участващи в адаптацията и контекста, при който ще реагират по описание в правилата начин.



Фиг. 13. Взаимодействие на модела на реализация на адаптивност със структурния и функционалния модели

Функционална схема на адаптивността на потребителския интерфейс

На Фиг. 14 сме предложили функционална схема на адаптивността на потребителския интерфейс. На тази схема описваме последователността от операции, необходими на един ПИ да „реагира“ на промени в контекста. Представеният механизъм използва адаптация в реално време, при която кодът не е предварително генериран, а сървърът го генерира в зависимост от получената информация за контекстите на употреба.



Фиг. 14. Функционална схема на адаптивността на ПИ според контекст на употреба

На показаната схема включваме в контекста на употреба няколко жизненоважни компонента: потребител, социална и околна среда, оборудване.

В представената на Фиг. 14 схема потребителят изпълнява две роли. Първата е като част от контекста на употреба. А втората е като извършител на действието „Заявка за страница“.

Тази информация може да бъде събрана по различни начини: географско положение на потребителя, държава, тест, анкета, мониторинг и други. Примерни модели на задачи с добавени контексти на употреба спрямо потребителя са генерирани в „Ирис Студио“ и са представени на следните фигури: Фиг. 19 (стр. 27), Фиг. 20 (стр. 28), Фиг. 24 (стр. 30).

В социалната и околна среда включваме всички фактори, които влияят на възприятията и преживяването на потребителя и са извън него. Например, в зависимост от локацията на потребителя в музея, софтуерната система показва различна информация. В училището и извън училището информационната система предоставя различна функционалност (Glushkova, 2016). Друг пример предлага как тестовите варианти да се разположат на местата за изпитване, така че на съседните места да има различни тестове (Golev, Rahneva, Rahnev, 2009). За пример сме моделирали на Фиг. 21 (стр. 28) опростена задача „Производство“ с добавени 2 контекста на употреба според околната среда – „Извън фабриката“ и „Във фабриката“.

В оборудване включваме хардуер, софтуер, технически параметри и ограничения на използваните устройства, големина на екрана и други. Според платформата (уеб, десктоп, мобилна) могат да се правят различни адаптации на потребителския интерфейс, така че визуално да изглежда добре на всички устройства. За тази цел вече не е необходима сървър-базирана адаптация, а само допълнителен код в стиловия документ на страницата, с който да бъдат описани елементите за различните устройства. Използват се и други техники като решетка от колони и редове, гъвкави изображения или готови работни рамки. Примерен модел на задачи с добавен контекст на употреба спрямо оборудването е показан на Фиг. 23 (стр. 29). Добавени са няколко задачи само за „Смарт часовник“, като например засичане на време, разстояние и пулс.

Сървърът постоянно обработва информация за контекста на употреба. Това може да стане по различни начини, като например: анализ на данни от сензори, събиране на данни за потребителя, анализ на използвано от потребителя устройство и други. При заявка от страна на потребителя за достъп до дадена страница според предложената схема на Фиг. 14., сървърът анализира модела на потребителския интерфейс за тази страница. Това трябва да бъде конкретният модел на ПИ. В конкретния модел се задават конкретните елементи и контекстът на употреба към всеки един от тях. Според контекста на употреба сървърът генерира необходимия финален код, като по този начин създава комбинация от елементи. Тази комбинация от елементи се поставя в предварително дефиниран шаблон. Получената страница се връща като отговор на заявката на потребителя.

Изводи

В настоящата глава от дисертационния труд е предложен модел, чрез който целим да предоставим формален подход за описание и реализация на адаптивни потребителски интерфейси за БИС и чрез който да преодолеем откритите ограничения на съществуващите инструменти за моделно-ориентирана разработка на ПИ.

Ограничение 1: Голяма част от разгледаните инструменти изискват задълбочени познания по моделиране или програмиране, за да бъдат използвани успешно и ефективно.

Как сме го преодолели: Чрез предложения структурен модел се предоставя удобен начин за формално определяне и анализиране на функционалните изисквания към системата, структурните елементи на потребителския интерфейс и съответните им контексти на употреба. Чрез функционалния модел се описват стъпки, които довеждат до напълно завършен финален потребителски интерфейс, без нуждата от задълбочени познания по моделиране или писане на код, особено при употребата на подходящ графичен редактор, с който да се дефинират лесно и бързо необходимите атрибути. Чрез изпълнение на етапи 1-5 се достига до платформено-независим конкретен модел, който може да се приложи за всяка технология за описание на ПИ.

Ограничение 2: Липса на възможност за конфигуриране на адаптивност.

Как сме го преодолели: Чрез предложения структурен модел към всеки структурен елемент на ПИ може да се дефинира атрибут "контекст на употреба".

Ограничение 3: Частично, непълно моделиране на ПИ. Липса на съществени модели като: модел на задачи, абстрактен платформено-независим модел или финален потребителски интерфейс.

Как сме го преодолели: Чрез функционалния модел дефинираме шест етапа за изграждане на един адаптивен ПИ от анализиране на функционалните изисквания, през модел на задачи, абстрактен платформено-независим модел до модел на финален ПИ.

Ограничение 4: Липса на готови примерни модели, с които начинаещият потребител би могъл да започне.

Как сме го преодолели: Чрез предложения модел на задачи бързо и лесно може да се изгради пакет от готови модели на задачи, които могат да послужат на всеки дизайнер, бизнес анализатор или програмист да започне проектирането на адаптивен ПИ.

Ограничение 5: Генерираният резултат от повечето разгледани системи не представлява готов за директна експлоатация потребителски интерфейс.

Как сме го преодолели: Дефинираните етапи на разработка в предложения функционален модел описват постъпков подход, включващ в себе си всички необходими елементи за пълното изграждане на един ПИ спрямо изискванията на модерния бизнес: от описание на функционалните изисквания на системата до генерирането на отзивчив към различни устройства финален ПИ, включващ корпоративната идентичност на компанията-клиент.

Ограничение 6: Възможността за участието на дизайнер с цел подобряване на визуализацията или ползваемостта на употреба е сведена до минимум.

Как сме го преодолели: Атрибутите, дефинирани в модела на фирмената идентичност, модела на структурните елементи, конкретния модел и модела на финален ПИ позволяват участието на дизайнер, чрез: определяне на позиция, размер, цветова схема на елементите, разположение по колони за постигане на гъвкав изглед, прилагане на лого и корпоративна идентичност и др.

Основни ползи от създадения модел:

1. Ускоряване на процеса на разработка на адаптивни потребителски интерфейси чрез предоставянето на структуриран подход за тяхното създаване.
2. Предоставяне на формален подход за описание на функционалните изисквания към потребителския интерфейс на една БИС.
3. Предложеният модел предоставя платформено-независим подход за моделиране на адаптивни потребителски интерфейси.
4. Намаляване времето и цената на моделиране и разработка на адаптивни потребителски интерфейси чрез създадена по концептуалния модел софтуерна система „Ирис Студио“ (оценката на системата може да бъде намерена в Глава 4).
5. Ускоряване процеса на разработка на ПИ чрез използването на предефинирани задачи по предложения в параграф 0 модел. В „Ирис Студио“ е разработена библиотека за добавяне на готови задачи, категоризирани по функционална област на бизнеса.
6. Финалният потребителски интерфейс, създаден според предложения модел, удовлетворява изискванията на модерния бизнес, разгледани в Глава 1, параграф 0.

Глава 3. Уеб базирана интегрирана среда за моделно-ориентирана разработка на адаптивни потребителски интерфейси

За моделирането на адаптивен потребителски интерфейс разработихме модел, който да включва в себе си както възможност за дефиниране на изискванията на клиентите, така и посочване на контексти на употреба за отделните задачи. За основа на този модел се позоваваме на моделно-ориентираната разработка на потребителски интерфейси, която включва в себе си описание на задачи и област, абстрактен, конкретен и финален потребителски интерфейс.

За целта на дисертационния труд сме създали **софтуерен прототип на онлайн интегрирана среда за разработка на адаптивни потребителски интерфейси за БИС**, за краткост “ИРИС студио”, със следните характеристики:

- Предоставя **поетапен подход за моделиране и създаване на адаптивни потребителски интерфейси**. Всеки един от моделираните елементи в потребителския интерфейс може да принадлежи към един или повече контексти на употреба.
 - Дава възможност първо да се моделират потребителските задачи, като по този начин клиентите и дизайнерите могат да се съсредоточат върху анализа на бизнес изискванията, преди да се премине директно към реализация.
 - Системата съдържа **набор от предефинирани модели на задачи**, категоризирани по функционални области на бизнеса. Моделите могат да бъдат допълвани и разширявани, за да покрият нуждите на конкретното предприятие. Като се използват готови модели на задачи за основа, върху която да се гради, се ускорява процесът на разработка значително. Това позволява на дизайнерите да се фокусират върху детайлите и потребителското преживяване в рамките на зададения от клиента бюджет.
 - След моделирането на задачите, на втора стъпка в интегрираната среда се генерира **абстрактен потребителски интерфейс** (платформено и технологично-независимо описание на елементите). Тук се избира всяка една задача какъв тип абстрактен индивидуален елемент е: вход, изход, контрол или навигация.
 - На трета стъпка системата генерира **конкретен потребителски интерфейс**. Абстрактните елементи се преобразуват в конкретни елементи (полета за вход, радио бутони, диаграми, таблици и др.). Тук могат да се добавят нови конкретни елементи, както и да се разместват и пренареждат по редове и колони. Тази стъпка е изключително съществена, тъй като в много случаи има решения, които не могат да бъдат взети автоматично от системата. Липсата на тази стъпка в други среди за разработка е посочена като съществен недостатък (Akiki, Bandara, & Yu, 2013).
 - На четвърта стъпка се генерира **финалният потребителски интерфейс**. На този етап се прилага фирмената идентичност на клиента, което е и едно от основните изисквания на бизнеса към потребителските интерфейси. За визуализация на финалния интерфейс използваме работна рамка с модерна визия (Bootstrap), като по този начин интерфейсът придобива добър пазарен вид. Освен това може да бъде изтеглен като HTML, CSS и JavaScript и директно да бъде приложен в реален уеб базиран проект. XML описание на цялостната структура на моделирания адаптивен потребителски интерфейс също може да бъде свалено на тази стъпка.
 - В интегрираната среда сме реализирали **двупосочно свързване на моделите**. Ако бъде добавен елемент в конкретния потребителски интерфейс, този елемент автоматично се добавя и в модела на задачи, абстрактния и финалния потребителски интерфейс.
- „Ирис Студио“ може да бъде достъпно на адрес: <http://irisui.com/>.

Архитектура на “Ирис Студио”

При планирането на проекта възникна въпросът какви технологии да бъдат използвани и дали да бъде използвана работна рамка. Специфичната функционалност, която ще предлага системата, а именно трансформиране на различни модели на потребителски интерфейс в други, задаване на различни правила за адаптивност и добавяне на фирмена идентичност, предполага написването на изцяло авторски код, който не може да се предостави от съществуваща работна рамка. За разработка на онлайн интегрираната среда сме използвали технологии с отворен код: PHP, MySQL, JavaScript, jQuery, HTML и CSS, Bootstrap, както и GoJS (<https://gojs.net>) и Модел-Изглед-Контролер архитектура.

Проектиране на модели на потребителския интерфейс

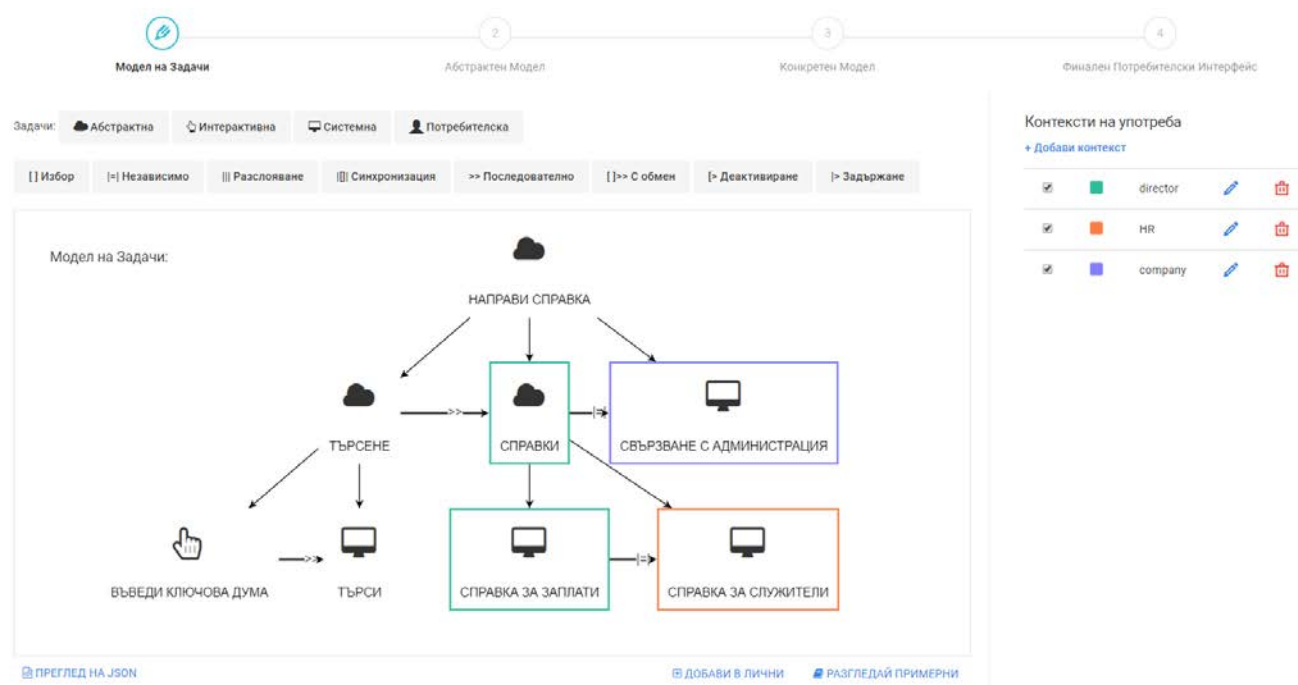
Проектиране и реализация на модул за моделиране на потребителски задачи

Работата с абстрактни потребителски интерфейси и модели на задачи изисква използването на редактор, който да улесни работата на дизайнера/програмиста и освен това да предостави възможност за участие на бизнес представители в процеса на разработка. Дизайнерите, разработващи мултиплатформени адаптивни потребителски интерфейси, трябва да могат да

използват средата през различни устройства и операционни системи (Рахнев & Стоева, 2010), поради което избрахме уеб базиран подход за реализация на приложението.

За разработка на модула за моделиране на задачи използвахме GoJS за визуализация на интерактивните диаграми. В процеса на избор на помощна библиотека и при разработката на модула възникнаха различни трудности: неясна и непълна документация; липса на разнообразни примери; при повечето библиотеки липса на възможност да се описват шаблони за елементите и връзките между тях, което е задължително условие при избраната нотация, тъй като има различни типове задачи и връзки между тях; никоя от разгледаните JavaScript библиотеки не предоставя готови примери за йерархично представяне на елементи, които едновременно с това да имат различни типове връзки между елементи от едно ниво.

Резултатът, който постигнахме, успешно поддържа описанието и моделирането на задачи според нотацията СТТ: различни по тип задачи могат да бъдат добавяни в дървовидна структура, както и различни типове оператори могат да свързват задачите. Поддържаме и графично представяне на елементите посредством икони и текст (Фиг. 15).



Фиг. 15. Краен резултат: Редактор за моделиране на задачи. Изобразен е модел на задача „Направи справка“

Реализация на модул за добавяне на контекст на употреба към задача

Към всяка една задача сме добавили възможност да бъдат дефинирани 0, 1 или много контексти на употреба. За да разграничава потребителят на „Ирис Студио“ коя задача към кой контекст принадлежи сме добавили възможност за избор на цвят на рамката.

Един контекст на употреба се определя посредством три параметъра: име, цвят, задачи, които принадлежат към него. След като контекстът е създаден, той по подразбиране е включен. Тоест, всички задачи към него са видими както в модела на задачи, така и в абстрактния, конкретния и финалния потребителски интерфейси. Всеки един контекст може да бъде изключван и включван и така да се визуализират и тестват различни комбинации от елементи.

Разработка и интеграция на библиотека за управление на предефинирани задачи

За ускоряване на процеса на моделиране на един потребителски интерфейс в контекста на БИС, сме разработили и интегрирали библиотека за управление на готови задачи в „Ирис Студио“. Задачите са категоризирани по функционална област на бизнеса: Маркетинг и продажби, Производство, Финанси и счетоводство, Управление на човешките ресурси.

Допълнително сме добавили категория „Общи“ за задачи, които са валидни за всички видове БИС, като например: вход, регистрация, управление на профил и др. При моделиране на

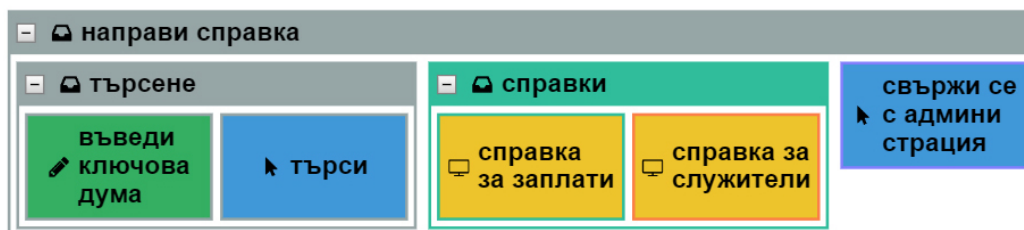
потребителския интерфейс на система, принадлежаща към някоя от посочените функционални области, потребителят на „Ирис Студио“ може да импортира някоя от готовите задачи в системата, като по този начин още повече ускори процеса на разработка. Всеки един модел на задача може да бъде променен и съхраняван в личната библиотека на потребителя.

Всички предефинирани задачи могат да бъдат управлявани от административния панел на „Ирис Студио“.

Проектиране и реализация на модул за моделиране на абстрактен потребителски интерфейс

За да обособим структурата на абстрактния потребителски интерфейс, започваме отново с анализ топологията на дървото от задачи. Първо, всяка задача, която е листо бива идентифицирана. Това са задачите, от които не произлизат надолу други задачи и те ще представляват базовите елементи в абстрактния потребителски интерфейс. Следва преминаване нагоре на следващото ниво на дървото като се обособяват абстрактни контейнери, съдържащи тези базови абстрактни елементи. В зависимост от типа на задачата (абстрактна, интерактивна, системна или потребителска) и дали е листо или не, може да бъде причислена към съответния абстрактен интерактивен обект.

Крайният резултат, получен след трансформациите на задачите от Фиг. 15 може да бъде видян на Фиг. 16. За нагледност на различните типове абстрактни компоненти използваме различна икона и цвят. Чрез бутоните, разположени над генерирания абстрактен модел могат да се добавят нови контейнери и абстрактни компоненти, което автоматично добавя и нови задачи в модела на задачи. Тук отново опцията за преглед на програмния код за модела във вид на JSON може да бъде прегледан и редактиран. При запис на кода, промените се визуализират веднага върху модела.



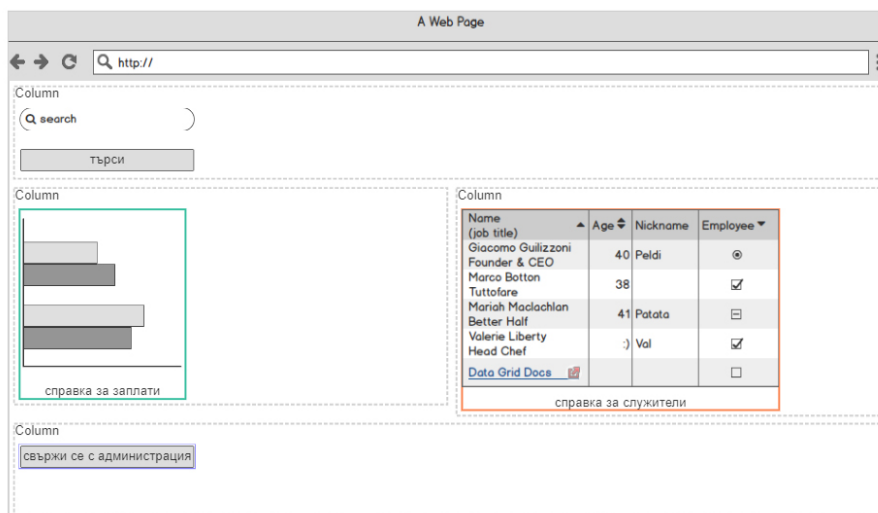
Фиг. 16. Абстрактен модел на ПИИ на задача „Направи справка“

Проектиране и реализация на модул за моделиране на конкретен потребителски интерфейс

В тази секция ще бъде разгледана следващата стъпка от моделирането на потребителски интерфейси, а именно създаването на конкретен модел. За да обособим структурата на КПИ започваме отново с анализ топологията на дървото от задачи. Коренът трансформираме задължително в конкретен обект от тип прозорец. Прозорците са отделните екрани в системата. На този етап от разработката на софтуерния прототип „Ирис Студио“ с цел опростяване на трансформациите и намаляване на входните данни от страна на потребителя, сме избрали да генерираме по един прозорец (страница) от всяко дърво от задачи. Тук „Ирис Студио“ предоставя избор на потребителя, така че да определи абстрактните фасети на какви конкретни обекти отговарят. Подзадачите на корена на дървото се визуализират като групи от обекти, подредени в редове и колони в КПИ. Това сме направили с цел финалният потребителски интерфейс да има възможност да бъде със структура, предоставяща лесна трансформация на изгледа за различни устройства. На следващата стъпка трябва да се определят самите конкретни обекти. Накрая връзките между конкретните обекти се дефинират. Тези връзки са посочени още при изграждането на дървото от задачи и са запазени в абстрактния прототип.

След като са извършени всички трансформации, КПИ е готов. В „Ирис Студио“ се предоставя възможност на потребителя да променя избраните конкретни интерактивни обекти, да ги премества от един контейнер в друг, да генерира наново модела, както и да създава нови контейнери. На Фиг. 17 е показан генерираният конкретен потребителски интерфейс при тази

стъпка. Контекстите на употреба се запазват между отделните стъпки, като винаги могат да бъдат добавяни и нови.



Фиг. 17. Конкретен модел на ПИ на задача „Направи справка“

Двупосочно свързване между моделите

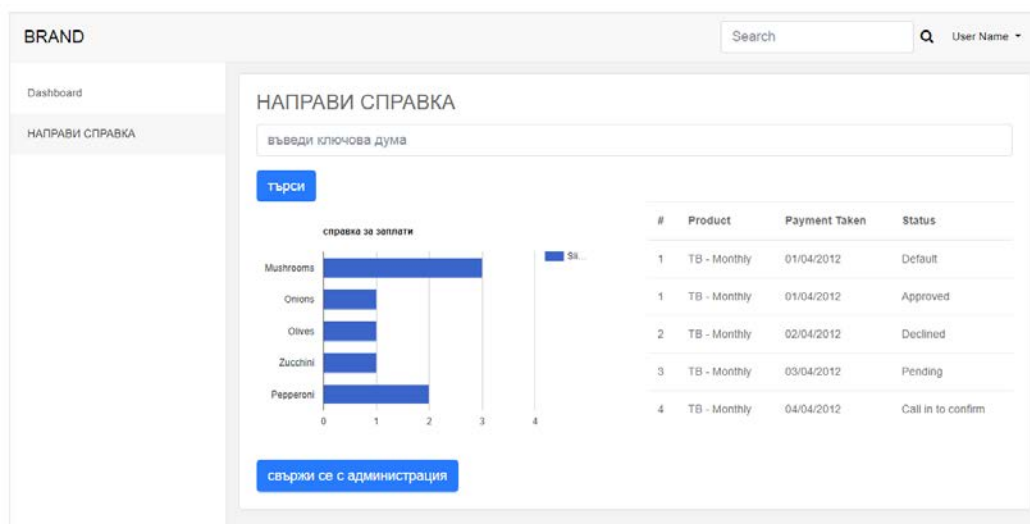
В редактора на КПИ, освен функционалността за добавяне на редове и колонии и разместване на компонентите, сме реализирали и възможност за добавяне на допълнителни компоненти, които не са били описани в предходните модели. Тоест, ако дизайнерът реши, че има нужда да добави етикет или нов тип диаграма, виждайки генерирания конкретен потребителски интерфейс, той/тя може да го направи на тази стъпка, без да се връща назад. Тъй като всеки конкретен компонент има един единствен абстрактен тип и един единствен тип задача, ние автоматично обновяваме модела на задачи и абстрактния модел, като за име на съответните компоненти, използваме етикета на добавения конкретен обект.

Проектиране и реализация на модул за генериране на финален потребителски интерфейс

Последна стъпка от моделирането на адаптивния потребителски интерфейс за БИС се явява генерирането на финалния потребителски интерфейс. Той представлява реализация от гледна точка на платформено-специфична реализация и програмен код и може да бъде на всякакъв език за описание на потребителски интерфейси като инструментите на Java GUI, HTML и CSS, AngularJS и др. Адаптивността към контекста на употреба на финалния потребителски интерфейс е особено важна, когато става въпрос за създаването на образователен софтуер, тъй като там трябва да се предоставят персонализирани решения спрямо нуждите на обучаемия (Павлов, Рахнев, Кюркчиев, Малинова, & Ангелова, 2016), (Rahnev, Pavlov, & Kyurkchiev, 2014), (Крушкова, Рахнев, & Крушков, 2014), (Cheresharov & Krushkov, 2014), (Angelova & Rahnev, 2009). При автоматичната генерация на тестове и материали според нивото на умения на учащия се елиминира трудоемкото писане на код и се предоставя начин за ускоряване на процеса на научаване на нови езици (Рахнев, Малинова, & Павлов, 2014), (Malinova, Ivanova, & Rahnev, 2015), (Cheresharov, Krushkov, & Krushkova, 2017), (Malinova, Rahneva, & Golev, 2016), (Malinova & Rahneva, 2016), както и се предоставя адаптивен учебен материал спрямо обучаемия (Rahnev, Pavlov, Golev, Stieger & Gardjeva, 2014). Чрез използването на автоматизирани и полу-автоматизирани инструменти също може да се ускори значително процесът на разработка (Cheresharov, Krushkov, Stoyanov, & Popchev, 2017), (Stoeva & Pavlov, 2017).

В софтуерния прототип „Ирис Студио“ сме разработили генерирането на финален потребителски интерфейс във вид на XML файл, който може да бъде консумиран от различни технологии. За примерна технология по създадения метод сме реализирали генериране на финален потребителски интерфейс на HTML, CSS и JavaScript. За модерно визуално оформление на крайния резултат използваме работната рамка Bootstrap. На Фиг. 18 се вижда

екранът с редактора на финалния потребителски интерфейс в „Ирис Студио“. След като се генерира автоматично от средата, той се визуализира под формата на HTML/CSS в iframe в браузъра. Добавили сме възможност за изтегляне на архив с всички файловете, съдържащи необходимия код за финалния потребителски интерфейс.



Фиг. 18. Финален ПИ на моделираната задача „Направи справка“

Трансформация на конкретен потребителски интерфейс във финален потребителски интерфейс.

След получения конкретен потребителски интерфейс от предходната стъпка, знаем относителното разположение на обектите на страницата, както и техния конкретен тип. Остава да ги преобразуваме в код. За целта сме проектирали архитектурата на системата и базата данни така, че да могат да бъдат добавяни нови технологии.

В таблица „mappings“ от базата данни се **съдържат технологично-зависими реализации на конкретните обекти** на потребителския интерфейс. За целта на дисертационния труд в таблицата mappings сме добавили една колона, съдържаща конкретния обект, втора колона с XML код, съответстващ на този обект и трета колона, в която сме описали HTML (с Bootstrap) синтаксиса.

По аналогия в тази таблица могат да се добавят и други технологии. Таблицата съдържа четири колони - уникален идентификатор, тип от конкретния модел на потребителски интерфейс, колона с описание на HTML и колона с XML описание на елемента. За колоните с HTML и XML описанията сме използвали тип на полето blob (**B**inary **L**arge **O**bject), тъй като в тях се съдържаща изпълним HTML код.

В някои от полетата в таблицата mappings в колоната с описаните елементи има запазени ключови думи със символи: `###text###`, `###content###`, `###columns###`, `###context###`. Тези ключови думи служат за да се заместят с необходимата информация, която извличаме поетапно в процеса на моделиране.

Като имаме информация за колоните, можем да зададем параметри на работната рамка Bootstrap (а и на всяка друга работна рамка, която използва grid система), като по този начин предоставим изцяло гъвкав финален изглед.

Диаграми

Една от най-важните функции на БИС е да предоставят на своите ползватели отчети във вид на таблици, графики и диаграми. Такива страници нерядко имат нуждата да са адаптивни - компонентите по тях могат да имат различна видимост за различните групи потребители. В „Ирис Студио“ сме реализирали подход за генериране на динамични графики и диаграми във финалния ПИ. За целта използваме Google Charts (<https://developers.google.com/chart/>). Отново използваните технологии са HTML5, SVG и CSS. Предимство е, че при Google Charts няма

необходимост от допълнителни плъгини, защото се поддържа от всички браузъри (вкл. по стари версии на IE) и платформи (вкл. iOS и Android).

Реализация на модул за добавяне на корпоративна идентичност към финалния потребителски интерфейс

След анализа на изискванията на модерния бизнес към потребителските интерфейси стана ясно, че едно от задължителните условия за финализиране на графичния дизайн на една софтуерна система е прилагането на корпоративната идентичност на фирмата-клиент. За да удовлетворим това изискване сме реализирали възможност за добавяне на основни елементи от фирмената идентичност към финалния потребителски интерфейс, а именно: лого, шрифт, цветове.

Изводи

При разработката на „Ирис Студио“ основната сложност беше изграждането на архитектура, поддържаща необходимите трансформации и двупосочно свързване между моделите на потребителския интерфейс.

Възможността за лесно добавяне на нови конкретни елементи на ПИ и съответстващия им програмен код, както и възможността за генериране на финален потребителски интерфейс за различни технологии, позволяват да твърдим, че предложената системна архитектура е разширяема и гъвкава.

Визуалните компоненти на потребителския интерфейс, поддържани от системата са проектирани, така че да удовлетворяват изискванията на модерния бизнес, като предоставят възможност за генериране на привлекателен, отзивчив към различните устройства и адаптивен потребителски интерфейс.

Една от най-съществените функции на БИС е генерирането на различни видове доклади, включващи диаграми (charts). С цел ефективната и качествена разработка на такива страници в „Ирис Студио“ сме предоставили механизъм за добавянето на различни типове графични диаграми в потребителския интерфейс.

Създаването и интеграцията на библиотека за управление на предефинирани потребителски задачи, класифицирани по функционалните области на бизнеса също допринася за ускорената разработка на адаптивни потребителски интерфейси.

Основни ползи от създадената онлайн интегрирана среда за моделно-ориентирана разработка на адаптивни потребителски интерфейси „Ирис Студио“:

1. Ускоряване на процеса на създаване на адаптивен потребителски интерфейс за БИС, което намалява цената на разработка чрез:
 - Използването на готови модели на задачи и готови компоненти за финалния ПИ.
 - Възможност за определяне на контексти на употреба към всяка задача.
 - Четири различни визуални редактора съответно за модела на задачи, абстрактен, конкретен и финален потребителски интерфейс.
 - Реализирана е възможност за позициониране на елементите в решетка, съставена от редове и колони, още на ниво конкретен модел на ПИ, което позволява лесното създаване на отзивчив към различните устройства дизайн.
2. Двупосочно свързване между моделите, което позволява лесна промяна.
3. Генерираният резултат представлява готов за директна експлоатация потребителски интерфейс.
4. „Ирис Студио“ не изисква задълбочени познания по моделиране на интерфейси или програмиране, за да бъде използвано успешно и ефективно.
5. Предоставяне на възможност за участието на дизайнер в процеса на моделиране и създаване на ПИ с цел подобряване на визуализацията и ползваемостта на употреба.
6. Възможност за преглед на различни комбинации от елементи в моделирания ПИ според контекст на употреба.
7. Предоставяне на платформено-независимо описание на адаптивен ПИ във вид на XML.

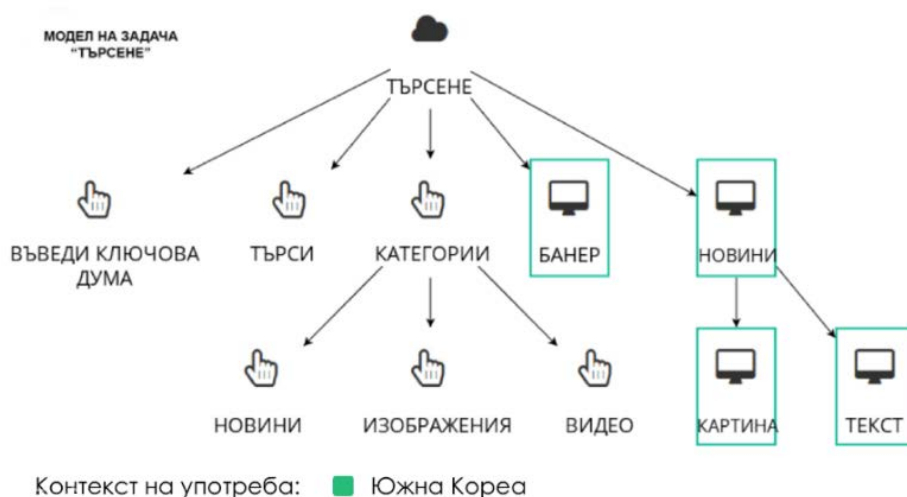
Глава 4. Приложение и оценка на „Ирис Студио“

Дизайнерите на потребителско преживяване непрекъснато се сблъскват с един и същи проблем - софтуерната система, която проектират, трябва едновременно да покрива бизнес изискванията на клиентите и очакванията на крайния потребител. Друг проблем е, че най-добрият начин за постигане на даден резултат за един човек, може да не е най-ефективният начин за друг. Инструментът за проектиране на адаптивни потребителски интерфейси, който сме разработили специално за целите на дисертационния труд, има за фокус подпомагането на дизайнерите по време на целия процес - от изясняване на бизнес изискванията до финалния потребителски интерфейс. „Ирис Студио“ предоставя възможност да се дефинират задачи според контекста на употреба, според културата на потребителя, неговото образование, ниво на умения, социална и физическа среда, роля, както и евентуална степен на инвалидност.

В настоящата глава от дисертационния труд описваме разнообразни примери на модели от задачи според различни контексти на употреба. Тези примери са създадени изцяло с разработената от нас система за моделно-ориентирана разработка на адаптивни потребителски интерфейси. Примерите показват различните комбинации от задачи, които могат да бъдат създадени, използвайки този инструмент.

Културна адаптивност

Системите, чиито интерфейси имат културна адаптивност могат да се променят според културните особености на своите потребители (Reineske, 2010). Приложенията, които вземат под внимание локацията и държавата на своите потребители се считат като по-удобни и ефективни. На Фиг. 19 “Търсачка” показваме колко лесно могат да се определят някои от задачите (Банер и Новини), че се отнасят за контекст на употреба “Южна Корея”.



Фиг. 19. Модел на задачи “Търсачка”. Контекст на употреба “Южна Корея” е добавен за потребителите в тази държава.

Потребителски роли

Повечето уеб сайтове и бизнес информационни системи предоставят на потребителите си различни роли и нива на достъп (Рахнев, Стоева, Арнаудова, Радев, 2010), (Pavlov, Golev & Rahnev, 2014). Внимателното планиране на видимостта на части от системата според различния достъп на потребителите е съществено за всяко развиващо се приложение. Различни аспекти на този проблем са изследвани от (Rahnev, Pavlov, & Kyurkchiev, 2014), (Arnaudova, Terzieva, Rahnev, 2016) по отношение на платформата за електронно обучение (DisPeL). На Фиг. 20 “Роли” сме описали модел на задачи за начален екран на БИС за бърз достъп и отчети. Различни отчети трябва да са видими за различни потребители според техните роли в компанията. Само администратори виждат опциите за системни настройки и управление на роли. А потребителите, които не принадлежат към никоя от тези групи, т.е. към нито един от посочените контексти, могат да виждат само Новини и Търсене. Финалният потребителски интерфейс се

генерира на база на това какви роли са зададени на съответния потребител. Тези параметри се подават от базата данни, като по този начин могат да се генерират 8 различни комбинации от потребителски интерфейси в зависимост от това какви роли може да има един потребител. Това помага на дизайнерите да тестват прототипа на системата с представители на различните групи потребители.

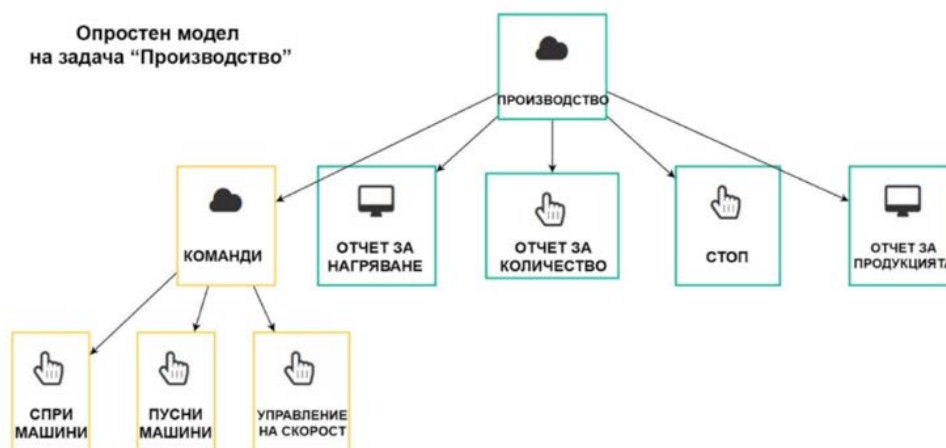


Контекст на употреба: ■ Директор ■ Специалист ЧР ■ Администратор

Фиг. 20. "Роли". Модел на "Начален екран за бърз достъп и отчети". Добавени са 3 контекста на употреба според ролите на потребителите.

Околна среда

Интерфейсът на производствените БИС би могъл да се адаптира спрямо локацията на потребителя. Например система, която е отговорна за производствените процеси може да предложи различен интерфейс в зависимост от това дали потребителят се намира вътре или извън фабриката. Такава информация може да бъде извлечена от глобалната сателитна мрежа или GPS. На Фиг. 21 "Производство" описваме опростена задача за производствен процес в уеб базирано приложение. При него сме добавили два контекста на употреба: „Извън фабриката“ и „Във фабриката“.



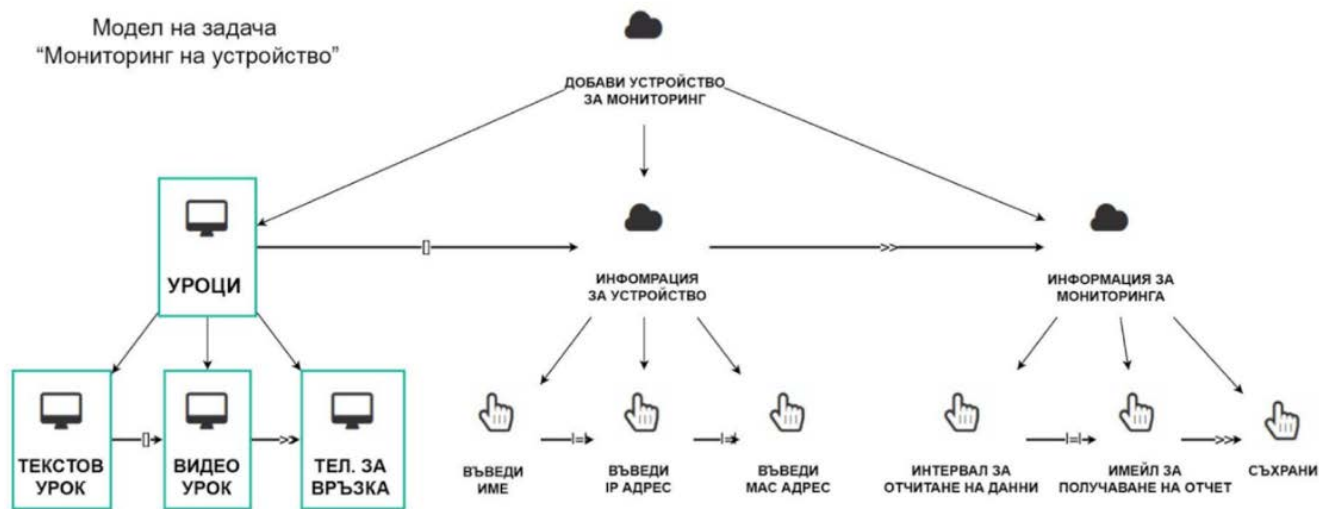
Контекст на употреба: ■ Извън фабриката ■ Във фабриката

Фиг. 21. Опростен модел на задача "Производство" с добавени 2 контекста на употреба според околната среда - във и извън фабриката.

Ниво на умения

Една БИС винаги има три типа потребители: начинаещи, напреднали и експерти. Обикновено дизайнерите успяват да комбинират различни елементи от потребителския интерфейс, така че той да е интуитивен и удобен за по-голяма извадка потребители. Добра

практика е добавянето на образователни задачи за потребителите, които за първи път влизат в системата, така че да могат лесно да научат основните функции. Един бърз самоучител, видео урок или насочващи съобщения могат да преведат потребителя през системата, помагайки му да не прави грешки в началото. Чест похват и при разработката на компютърни игри и предоставянето на различни по сложност нива, които да задържат интереса на потребителите (Павлов, Голев & Рахнев, 2012). На Фиг. 22 “Начинаещ” сме описали задача за мониторинг на устройства. Когато потребителят се опита да добави устройство за мониторинг за първи път в системата, за помощ му се предоставят урок, видео и телефон за поддръжка на системата. Другите две подзадачи на “Добави устройство за мониторинг” са за въвеждане на необходимите данни за устройството - име, IP адрес, MAC адрес, интервал на отчитане, имейл за получаване на отчети и съхранение. Те са видими за всички потребители.

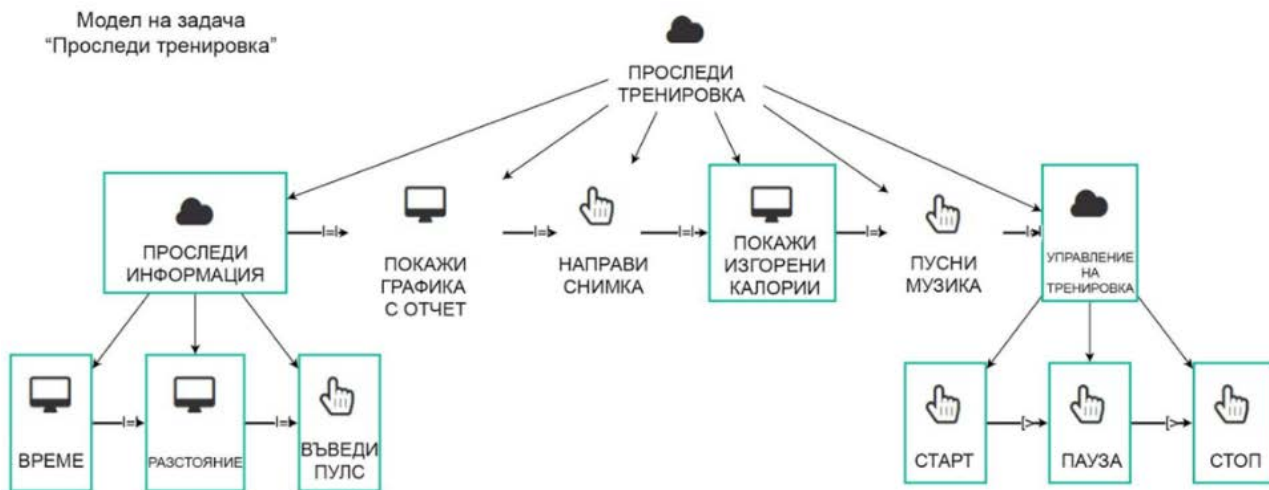


Контекст на употреба: ■ Начинаещ

Фиг. 22. Модел на задача “Мониторинг на устройство”. Контекст на употреба “Начинаещ” съдържа насоки и уроци как потребителят да завърши успешно задачата.

Хардуер и софтуер

Използвайки „Ирис Студио“ описаме модел на интерфейс към задача “Проследи тренировка”.



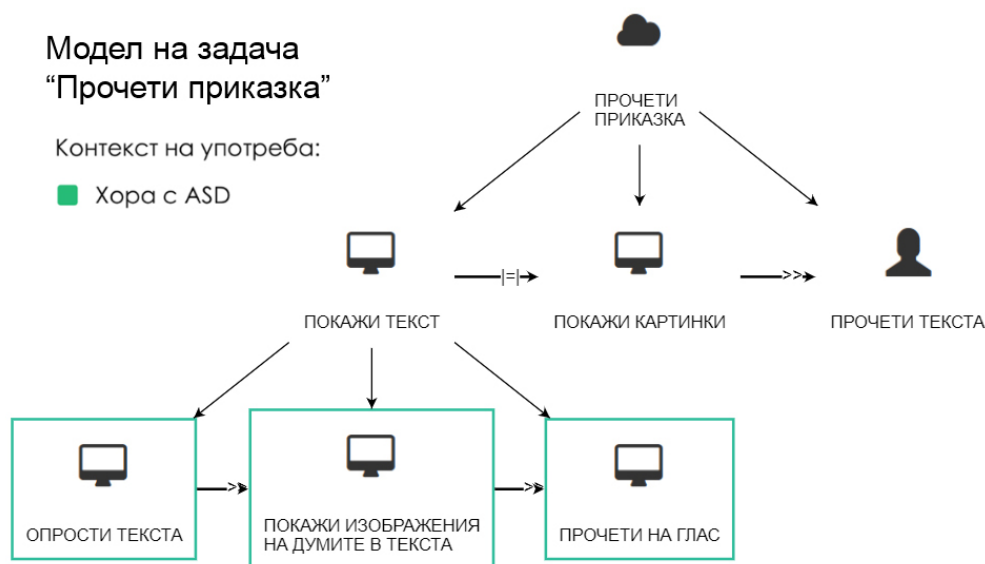
Контекст на употреба: ■ Смарт Часовник

Фиг. 23. Модел на задача “Проследи тренировка”. Добавен е контекст на употреба “Смарт часовник”.

Интерфейсът по подразбиране за мобилни телефони включва цялата функционалност на приложението, показано на Фиг. 23 “Тренировка”, а именно засичане на продължителност на тренировката и изминато разстояние, въвеждане на пулс, показване на диаграма, правене на снимка, показване на изгорени калории, пускане на музика по време на тренировката и управление на стартиране, пауза и спиране на тренировката. Добавили сме контекст на употреба за смарт часовници, който включва в себе си само тази функционалност, която може да бъде поддържана от приложението. Това включва отчитане на време и разстояние, въвеждане на пулс, визуализация на изгорените калории и управление на тренировката (пускане, спиране и пауза).

Потребителски интерфейси за хора с увреждания

Адаптивните потребителски интерфейси за хора с увреждания са част от редица проучвания, тъй като процентното съотношение на тази група хора в световен мащаб е доста висок - 15% от населението на планетата живеят с някаква форма на инвалидност (The World Bank, 2017). Съществуват редица правила, които трябва да се спазват според различните видове инвалидност, за да се осигури един удобен дизайн. Хората с аутизъм също имат много специфични и различни персонални нужди. Именно за това ключът към успех на проекти, насочени към тази група от хора е индивидуален подход и адаптивност към техните нужди (Stern & Shalev, 2013). На Фиг. 24 сме описали модел на задача “Прочети приказка”, като сме добавили контекст на употреба за хора с ASD (autism spectrum disorders). Според правилата за дизайн за хора с този вид синдром (Pavlov, Rahnev, Mirchev, Gardjeva, & Krushkova, 2016), (Pavlov, 2014) сме описали допълнителни задачи за генерирането на текста на приказката. Текстът трябва да бъде опростен и да съдържа множество картинки (където е възможно). Също така полезна функционалност би било четене на глас към системата за децата с увреждания. Създаването на адаптивни потребителски интерфейси за различни контексти на употреба е много по-ефективно, когато дизайнерите имат подходящ и удобен инструмент, който да подпомага този процес.



Фиг. 24. Модел на задача “Прочети приказка” с добавен контекст на употреба за хора с ASD.

Тестване на „Ирис Студио“ с реални потребители

Тестовите сесии бяха направени с 6 участника в реална работна среда. За целта бяха подготвени 21 задачи, според които оценихме ефективността на софтуерния прототип. Участниците бяха избрани с различна професия, възраст и опит в създаването на ПИ. За експеримента участниците бяха помолени да мислят на глас, докато изпълняват задачите. Изследваните въпроси, получените отговори и резултатите от тестовата сесия са описани подробно в дисертационния труд. След направените подобрения според препоръки на

участниците в експеримента, беше направена оценка на ползваемостта, описана в следващите параграфи от дисертационния труд.

Метрики за оценка на качеството на употреба

В модела за оценка на качеството на употреба на продукт или система (Quality in Use) според последния стандарт ISO/IEC 25010:2011 са дефинирани 5 характеристики, които се препоръчва да бъдат изследвани: ефективност, ефикасност, удовлетвореност, свобода от риск и покритие на контекстите на употреба (iso.org, 2011). За целта на дисертационния труд и предвид предназначението на „Ирис Студио“ и факта, че е прототип (не представлява напълно завършена система), сме направили оценка на:

1. **Ефективност:** С каква точност и до каква степен потребителите постигат поставените цели.
2. **Ефикасност:** Ресурсите и усилията, които потребителите използват, за да постигнат точно тези цели.
3. **Удовлетвореност:** Степента, в която потребителите са удовлетворени от продукт или услуга в специфичен контекст.

Оценихме ефективността, използвайки формулата от предходния стандарт ISO/IEC 9126-1: Ефективност = брой на завършени задачи / общ брой на всички задачи × 100%

Предвид факта, че средната степен на завършеност при тестови сесии на ползваемостта е приблизително 78% (Sauro, 2011), считаме, че 90% ефективност при „Ирис Студио“ е много добър резултат. Отчетохме и броя грешки, направени по време на изпълнението на дадена задача. Основните грешки, които бяха открити при тестването на „Ирис Студио“ бяха продикувани от непознатата за участниците терминология.

Ефикасността се отмерва с време. Това са минутите и секунди, необходими на потребителя да извърши дадена задача **успешно**. Това лесно може да бъде изчислено като извадим началното време от крайното време. По време на експеримента беше засечено общото време за изпълнение на всички задачи от 1 до 20, т.е. времето за създаване на един адаптивен потребителски интерфейс в „Ирис Студио“. Измерихме също така и времето, необходимо на един програмист/уеб дизайнер да създаде идентичен потребителски интерфейс самостоятелно. Двама от участниците (№ 3 и № 6) нямаха познания за това, затова при тях време не е засечено. Средното време за разработка на една страница с адаптивен ПИ според направения експеримент е 26 мин., а при самостоятелна разработка е 148 мин. Разликата е близо 5 пъти по-бърза разработка посредством „Ирис Студио“. Предвид факта, че една БИС има десетки екрани, повишаване на скоростта на разработка на всеки един от тях е от съществено значение.

След направените измервания, считаме че оценката на ефикасността на софтуерния прототип е много добра. Предвид факта, че в „Ирис Студио“ сме добавили библиотека с предефинирани задачи според функционалната област на бизнеса, можем да считаме, че времето за разработка на един адаптивен ПИ би могло да се ускори още повече.

За да изследваме **удовлетвореността**, след направените тестови сесии на всеки един от участниците в експеримента беше дадено да попълни анкета, която показва много добри резултати. Обобщено, участниците смятат, че софтуерния прототип би могъл да им бъде от полза в работата и биха могли да разработват по-бързо и ефективно ПИ с него. 66% биха искали да се използва по-лесна терминология или да има обяснителен текст (видео, урок) преди всяка стъпка.

Заклучение и приноси

Изпълнена е основната цел на дисертационния труд – да се разработи модел, чрез който да предоставим формален подход за описание и реализация на адаптивни потребителски интерфейси за БИС и чрез който да преодолеем откритите ограничения на съществуващите инструменти за моделно-ориентирана разработка на ПИ. На базата на този модел е разработена среда, чрез която да се осигури намаляване на времето и цената за разработка на такива потребителски интерфейси.

Основните приноси на дисертационния труд са:

- I. Направена е класификация на изискванията на съвременния бизнес към потребителските интерфейси и са дефинирани основните проблеми, които срещат потребителите на бизнес информационни системи, техните работодатели, софтуерните разработчици и управителите на софтуерни компании.
- II. Направен е съпоставителен анализ на методите и средствата за разработка на адаптивни потребителски интерфейси.
- III. Създаден е модел на адаптивен потребителски интерфейс за БИС, който е платформено-независим. Построени са структурен и функционален модели със съответните им подмоделни. Построен е модел на реализация на адаптивност.
- IV. Създаден е прототип на уеб базирана среда за моделно-ориентирана разработка на адаптивни потребителски интерфейси, която улеснява и ускорява изграждането им.
- V. Разработени са тестове за оценка на системата.

Връзката между приносите, задачите, мястото на описание в дисертационния труд и направените публикации са следните:

Принос	Задача	Секция в дисертацията	Публикация
I.	1, 2	1.3, 1.4	1, 2, 3
II.	3	1.5	3, 5
III.	4	2.1, 2.2	
IV.	5	3.4	4, 5, 6
V.	6	4.2, 4.3	

Перспективи

В бъдеще изследванията могат да продължат в следните посоки:

По отношение на разработения модел:

1. Разширяване сферата на приложение на модела не само върху адаптивните ПИ за БИС, но и за потребителски интерфейси за софтуерни приложения от различни сфери: образователен софтуер, експертен софтуер и др.
2. Проучване на изискванията към софтуерните приложения от новите сфери.
3. На базата на тези проучвания, разработване на нови модели на финалния потребителски интерфейс за новите типове софтуерни системи.

По отношение на „Ирис Студио“:

1. Внедряване на генериран от „Ирис Студио“ потребителски интерфейс в реални БИС.
2. Разширяване на предоставяната функционалност чрез добавяне на възможност за генериране на адаптивни ПИ и за други технологии и работни рамки.
3. Добавяне на още конкретни интерактивни обекти в конкретния модел на ПИ и съответстващия за тях код във финалния ПИ.
4. Добавяне на възможност за преглед на генерирания финален ПИ в браузъра, симулирайки различни големина на екран. Така ще се тества изгледа под различните устройства.
5. Добавяне на онлайн редактор за код във финалния потребителски интерфейс.
6. Добавяне на възможност за по-обстойно прилагане на корпоративна идентичност.
7. Разработка на главни шаблони, използвани във финалния потребителски интерфейс, които са подходящи за различни устройства и технологии.
8. Да се използва „Ирис Студио“ в университетски дисциплини, свързани с уеб дизайна.
9. Тестване на „Ирис Студио“ с по-голяма извадка потребители след направените промени.

Апробация

Части от дисертационния труд са изготвени в изпълнение на задачи по следните проекти:

1. Проект ИТ15-ФМИИТ-004 (2015-2016) към фонд "Научни изследвания" при ПУ: "Изследвания в областта на иновационни ИКТ с ориентация към бизнеса и обучението".
2. Проект ФП17-ФМИ-008 (2017-2018) към фонд "Научни изследвания" при ПУ: „Иновационни софтуерни инструменти и технологии с приложения в научни изследвания по математика, информатика и педагогика на обучението“.

Части от дисертационния труд са докладвани на следните научни сесии и конференции:

1. 1st Doctoral Conference in Mathematics and Informatics, October 15-18, 2015, Sofia, Bulgaria.
2. i.TECH 2016 – XIV-th International Conference “Information Research and Software Engineering“, юли 2016, Варна, България.
3. Научна конференция „Иновационни ИКТ в бизнеса и обучението: Тенденции, приложения и разработване“, Пампорово, 24-25 ноем. 2016.
4. Central Bohemia University International Conference on Innovations in Science and Education, March 22-24, 2017, Prague, Czech Republic.
5. Научна конференция „Иновационни софтуерни инструменти и технологии с приложения в научни изследвания по математика, информатика и педагогика на обучението“, 23-24 ноем. 2017 г., Пампорово, България.

Публикации по дисертационния труд

1. Atanasova, M., Malinova, A., Adaptive User Interfaces in Software Systems, MIDOC 2015: Doctoral Conference in Mathematics and Informatics, Sofia, Bulgaria, Oct. 2015, pp. 1-9, ISBN 978-954-07-4186-4.
2. Atanasova, M., Malinova, A., Krushkov, Hr., Analysing the Requirements of Modern Business Towards User Interfaces, International Journal “Information Theories and Applications”, Vol. 23, Number 4, pp. 359-375 (printed), ISSN 1310-0513 (printed), Varna, Bulgaria, July 2016.
3. Atanasova, M., Malinova, A., User Interfaces in Business Information Systems – Problems and Solutions, Scientific Conference “Innovative ICT in Business and Education: Future Trends, Applications and Implementation”, Pamporovo, Bulgaria, Nov. 2016, pp. 29-40, ISBN: 978-954-8852-72-2.
4. Atanasova, M., Malinova, A., Transforming Concur Task Trees Model into an Abstract User Interface, CBU International Conference on Innovations in Science and Education Proceedings, Vol 5, Natural Sciences and ICT, Prague, Czech Republic, pp. 1036-1041, Sept. 2017, Print ISSN 1805-997X, Online ISSN 1805-9961, (индексиране в Thomson Reuters Web of Science).
5. Atanasova, M., Malinova, A., Iris Studio – IDE Prototype for Modeling Adaptive User Interfaces for Business Information Systems, International Journal of Pure and Applied Mathematics (IJPAM), Volume 116, No. 4, pp. 1015 – 1034, Nov. 2017, ISSN 1311-8080 (printed), ISSN 1314-3395 (online), (индексиране в Scopus, SJR 2017).
6. Atanasova, M., Approaches for Generating Adaptive Concrete Model and Final User Interface, Scientific Conference „Innovative Software Tools and Technologies with Applications in Research in Mathematics, Informatics and Pedagogy of Education“, 23-24 Nov. 2017 г., Pamporovo, Bulgaria, (под печат).

Цитирания на авторски публикации по дисертационния труд

1. Stoeva, M., Pavlov, N., Remote Tool For Controlling User Interface Of Mobile Applications, MCIS 2017 Proceedings, Vol. 34, 2017, <http://aisel.aisnet.org/mcis2017/34/>. Цитирана статия:
- Atanasova, M., Malinova, A., User Interfaces in Business Information Systems – Problems and Solutions, Scientific Conference Innovative ICT in Business and Education: Future Trends, Applications and Implementation, Pamporovo, Bulgaria, noem. 2016, pp. 29-40, ISBN: 978-954-8852-72-2.
2. Joseph, V., User experience guidelines for improving retention rate in mobile apps, 2017, Thesis (Master thesis), E.T.S. de Ingenieros Informáticos (UPM), <http://oa.upm.es/47882/>. Цитирана статия:

- Atanasova, M., Malinova, A., Krushkov, H., Analysing the Requirements of Modern Business Towards User Interfaces, International Journal "Information Theories and Applications", Vol. 23, Number 4, pp. 359-375 (printed), ISSN 1310-0513 (printed), Varna, Bulgaria, July 2016.
3. Стоян Черешаров, Христо Крушков, NoSQL подходи в SQL бази от данни, Научна конференция „Иновационни ИКТ в бизнеса и обучението: тенденции, приложения и разработване“, Пампорово, 24-25 Ноември 2016, стр. 79-88, цитат на стр. 80, <http://fmi-plovdiv.org/GetResource?id=2519>. Цитирана статия:
- Atanasova, M., Malinova, A., Adaptive User Interfaces in Software Systems, 1st Doctoral Conference in Mathematics and Informatics, MIDOC Proceedings, Sofia, Bulgaria, oct. 2015, pp. 1-9, ISBN 978-954-07-4186-4.
4. Стоян Черешаров, Дисертационен труд на тема: Модули за изграждане на уеб базирани софтуерни системи, 2017 г., цитат на стр. 69. Цитирана статия:
- Atanasova, M., Malinova, A., Adaptive User Interfaces in Software Systems, 1st Doctoral Conference in Mathematics and Informatics, MIDOC Proceedings, Sofia, Bulgaria, oct. 2015, pp. 1-9, ISBN 978-954-07-4186-4.

Благодарности

Изказвам искрена благодарност на научния си ръководител доц. д-р Анна Малинова за съветите, препоръките и съдействието по време на работата върху дисертацията, както и на всички колеги от университета за напътствията и позитивното отношение.

Благодаря сърдечно на моето семейство, което ме насърчаваше през цялото време и по-специално на моя баща, от който съм наследила любовта към науката и който ме вдъхнови да извървя този път. Благодаря и на моя съпруг за непрестанната подкрепа и търпение.

Библиография

- Akiki, P., Engineering Adaptive Model-Driven User Interfaces for Enterprise Applications, PhD Dissertation, The Open University, Milton Keynes, United Kingdom, 2014.
- Akiki, P., Bandara, A., & Yu, Y., Engineering Adaptive Model-Driven User Interfaces, IEEE Transactions on Software Engineering, 42(12), pp. 1118 – 1147, Print ISSN: 0098-5589, Electronic ISSN: 1939-3520, 2016.
- Angelova, E., Rahnev, A., Boosting Teaching and Learning Efficiency in Training Teachers of Information Technology, Scientific Works, Plovdiv University, vol. 36, book 3, Mathematics, ISSN: 0204–5249, pp 5-18, 2009.
- Arnaudova, V., Terzieva, T., Rahnev, A., A methodological approach for implementation of adaptive e-learning, CBU International Conference on Innovations in Science and Education, Prague, Czech Republic, Vol. 4, pp. 480-487, Print ISSN 1805-997X, Online ISSN 1805-9961, 2016.
- Benyon, D., & Murray, D., Experience with Adaptive Interfaces. Comput. J., 31(5), pp. 465-473, DOI: 10.1093/comjnl/31.5.465, 1988.
- Berti, E., & Schwabe, D., MIRA: A Model-Driven Framework for Semantic Interfaces for Web Applications, International Conference on Web Engineering, pp. 40-58, Springer International Publishing Switzerland, Print ISBN: 978-3-319-38790-1, 2016.
- Calvary, G., Coutaz, J., Thevenin, D., Limbourg, Q., Bouillon, L., & Vanderdonckt, J., A Unifying Reference Framework for Multi-Target User Interfaces, Interacting with Computers, 15(3), pp. 289-308, [https://doi.org/10.1016/S0953-5438\(03\)00010-9](https://doi.org/10.1016/S0953-5438(03)00010-9), 2003.
- Cheresharov, S., & Krushkov, H., Distributed Cloud Based System for Active/E-Learning, Proceedings of the International Conference From DeLC to VelSpace, pp. 327-334, Plovdiv, Third Millennium Media Publications, ISBN: 0-9545660-2-5, 2014.
- Cheresharov, S., Krushkov, H., & Krushkova, M., NLP Module for Bulgarian Text Processing, CBU International Conference on Innovation in Science and Education, pp. 1113-1117, Prague, Czech Republic, Print ISSN: 1805-997X, Online ISSN: 1805-9961, 2017.
- Cheresharov, S., Krushkov, H., Stoyanov, S., & Popchev, I., Modules for Rapid Application Development of Web-Based Information Systems (RADWIS), Cybernetics and Information Technologies, 17(3), pp. 109-127, ISSN: 1314-4081, 2017.
- Constantine, L. L., Canonical Abstract Prototypes for Abstract Visual and Interaction Design, Interactive Systems, Design, Specification, and Verification: 10th International Workshop, pp. 1-15, Funchal, Madeira, Print ISBN: 978-3-540-20159-5, Online ISBN: 978-3-540-39929-2, 2003.

- Criado, J., Vicente-Chicote, C., Padilla, N., & Iribarne, L., A Model-Driven Approach to Graphical User Interface Runtime Adaptation, Workshops and Symposia at MoDELS, Oslo, Norway: M. Jeusfeld c/o Redaktion Sun SITE, Informatik V, RWTH Aachen, ISSN: 1613-0073, 2010.
- Da Silva, P. P., User Interface Declarative Models and Development Environments: A Survey, 7th International Conference on Design, Specification, and Verification of Interactive System, pp. 207–226, Limerick, Ireland: Springer-Verlag, ISBN: 3-540-41663-3, 2000.
- Edmonds, E., Adaptive man-computer interfaces, M.C. Coombs & J.L. Alty (Eds), Computer skills and the user interface, pp. 389-426, London: Academic Press, ISBN: 0121865207, 1981.
- Feeney, W. R., & Hood, J., Adaptive man/computer interfaces: information systems which take account of user style, ACM SIGCPR Computer Personnel, 6(3-4), pp. 4-10, ISSN: 0160-2497, 1977.
- Feuerstack, S., Blumendorf, M., Lehmann, G., & Albayrak, S., Seamless Home Services, Paris: Springer, ISBN: 978-1-60558-141-5, 2006.
- Glushkova, T., Modeling of Context-Aware School E-learning Environment, Journal of International Scientific Publications, 14, pp. 583-593, ISSN: 1314-7277, 2016.
- Golev, A., Rahneva, O., Rahnev, A., Algorithms to Minimize the Number of Unique Tests in Real Group Testing Examination, Scientific Works, Plovdiv University, vol. 36, book 3, 2009 – Mathematics, ISSN: 0204–5249, pp 39-49, 2009.
- Hardcastle, E., Business Information Systems, Elizabeth Hardcastle & Ventus Publishing ApS, ISBN 978-87-7681-463-2, ISBN 978-87-7681-463-2, 2008.
- Hayes, P., Ball, E., & Reddy, R., Breaking the Man-Machine Communication Barrier, Computer, 14(3), pp. 19-30, DOI: 10.1109/C-M.1981.220373, 1981.
- iso.org, ISO/IEC 25010:2011(en) Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality models, [Онлайн], <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:25010:ed-1:v1:en>, последно посетен 21 март 2018 г.
- Kurschl, W., Augstein, M., & Stitz, H., Adaptive User Interfaces on Tablets to Support People with Disabilities, Mensch & Computer 2012 – Workshopband: interaktiv informiert – allgegenwärtig und allumfassend, pp. 91-94, München: Reiterer, H. & Deussen, O. (Hrsg.), ISBN: 978-3-486-71991-8, 2012.
- Limbourg, Q., & Vanderdonckt, J., Comparing Task Models for User Interface Design, In D. Diaper, & N. Stanton (Eds.), The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction, pp. 135-154, Mahwah, New Jersey, USA: CRC Press, eBook ISBN: 9781410609403, 2004.
- Malinova, A., Ivanova, V., & Rahnev, A., Computer algebra aided generation of English language tests, Computer Science Education & Computer Science Research Journal, 11, pp. 66-74, ISSN 1313-8624, 2015.
- Malinova, A., & Rahneva, O., Automatic generation of English language test questions using Mathematica, CBU International Conference on Innovations in Science and Education, 4, pp. 906-909. Prague, Czech Republic, Print ISSN 1805-997X, Online ISSN 1805-9961, 2016.
- Malinova, A., Rahneva, O., & Golev, A., Automatic Generation of English Language Test Questions on Parts of Speech, International Journal of Pure and Applied Mathematics - IJPAM, 111(3), pp. 525-534, ISSN: 1311-8080 (printed version); ISSN: 1314-3395 (on-line version), 2016.
- Meixner, G., Paternò, F., & Vanderdonckt, J., Past, Present, and Future of Model-Based User Interface Development, Journal of Interactive and Cooperative Media, 10(3), pp. 2–11, ISBN: 1618-162X, 2011.
- Molina, A., Giraldo, W., Gallardo, J., Redondo, M., Ortega, M., & García, G., CIAT-GUI: A MDE-compliant environment for developing Graphical User Interfaces of information systems, Advances in Engineering Software, 52 (Supplement C), pp. 10 – 29, ISSN: 0965-9978, 2012.
- Montero, F., & López Jaquero, V., IDEALXML: An Interaction Design Tool and a Task-based Approach to User Interface Design, 6th International Conference on Computer-Aided Design of User Interfaces, CADUI'2006, pp. 245-252, Bucharest, Romania: Springer-Verlag, Berlin., ISBN-10: 1402058195, 2006.
- Neuro Therapy, Онлайн курс, подходящ за деца и възрастни, които имат затруднения с когнитивните умения, <https://neuro-therapy.eu/autism/>, [Онлайн], (последно посетен: 08 апр. 2018 г.), 2018
- Paternò, F., ConcurTaskTrees: An Engineered Notation for Task Models, In D. Diaper, & N. Stanton (Eds.), The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction, pp. 483–503, Mahwah, New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 2003.
- Paternò, F., Santoro, C., & Spano, L., MARIA: A Universal, Declarative, Multiple Abstraction-Level Language for Service-Oriented Applications in Ubiquitous Environments, ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI), 16(4), 19:1–19:30, DOI: 10.1145/1614390.1614394, 2009.
- Pavlov, N., User Interface for People with Autism Spectrum Disorders, Journal of Software Engineering and Applications (JSEA), 7(2), pp. 128-134, doi: 10.4236/jsea.2014.72014, 2014.
- Pavlov, N., Golev, A., Rahnev, A., Distributed Software System for Testing Near-rings Hypotheses and New Constructions for Near-rings on Finite Cyclic Groups, Int. Journal of Pure and Applied Mathematics (IJPAM), Vol. 90, No.3, ISSN: 1311-8080, pp. 345-356, 2014.

- Pavlov, N., Rahnev, A., Mirchev, K., Gardjeva, T., & Krushkova, D., Responsive User Interface for People with ASD, *International Journal of Pure and Applied Mathematics - IJPAM*, 111(1), pp. 105-119, ISSN: 1311-8080 (printed version); ISSN: 1314-3395 (on-line version), 2016.
- Pleuss, A., Botterweck, G., & Dhungana, D., Integrating Automated Product Derivation and Individual User Interface Design, *Fourth International Workshop on Variability Modelling of Software-Intensive Systems*. Linz, Austria, 2010.
- Rahnev, A., Pavlov, N., Golev, A., Stieger, M., Gardjeva, T., New Electronic Education Services Using the Distributed e-Learning Platform (DisPeL), *International Electronic Journal of Pure and Applied Mathematics (IEJPAM)*, Vol. 7, No.2, ISSN: 1314-0744, pp. 63-72, 2014.
- Rahnev, A., Pavlov, N. & Kyurkchiev, V., Distributed Platform for e-Learning – DisPeL, *European International Journal of Science and Technology (EIJST)*, Vol. 3, No. 1, ISSN: 2304-9693, pp. 95–109, 2014.
- Reinecke, K., Culturally Adaptive User Interfaces, PhD Thesis, University of Zurich, Faculty of Economics, Business Administration and Information Technology, Zurich, 2010.
- Reinecke, K., Minder, P., & Bernstein, A., MOCCA - a System That Learns and Recommends Visual Preferences Based on Cultural Similarity, *Proceedings of the 16th International Conference on Intelligent User Interfaces*, pp. 453-454, Palo Alto: ACM, ISBN: 978-1-4503-0419-1, 2011.
- Sauro, J., What is a good task-completion rate? [Онлайн], <https://measuringu.com/task-completion/>, 2011, (последно посетен: 17 фев, 2017 г.).
- Schlunbaum, E., Model-based User Interface Software Tools Current state of declarative models, GVI Tech Report, Georgia Institute of Technology, Graphics, visualization and usability centre, Georgia, 1996.
- Scientific Learning Corporation, Students with Autism Spectrum Disorder who used Fast ForWord® Products Show Improved Language and Listening Skills, *Scientific Learning: Research Reports*, 11(12a): 1-4, [Онлайн], 2015.
- Stern, P., & Shalev, L., The Role of Sustained Attention and Display Medium in Reading Comprehension among Adolescents with ADHD and without It, *Research in Development Disabilities*, 34(1), pp. 431- 439, DOI: 10.1016/j.ridd.2012.08.021, 2013.
- Stoeva, M., & Pavlov, N., Remote Tool for Controlling User Interface of Mobile Applications, *MCIS 2017 Proceedings*, Genova, Italy, <http://aisel.aisnet.org/mcis2017/34>, 2017.
- Taktak, H., Riahi, I., & Moussa, F., A Model Driven Approach For Adaptive User Interfaces Specification: User, Task and Environment Impact, *ACHI 2016 The Ninth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*, pp. 225-232, Tunisia: CRISTAL Laboratory, National School of Computer Sciences, ISBN: 978-1-61208-468-8, 2016.
- The World Bank, Disability Inclusion: [Онлайн], <http://www.worldbank.org/en/topic/disability>, (последно посетен: 17 фев, 2017 г.).
- Ulich, E., Über das Prinzip der differentiellen Arbeitsgestaltung, *IO: Management-Zeitschrift industrielle Organisation*, 47.1978(12), pp. 566-568, 1978.
- Wurdell, M., An Integrated Formal Task Specification Method for Smart Environments, *Logos Verlag Berlin*, ISBN 978-3-8325-2948-2, 2011.
- W3C Incubator Group, Model-Based UI XG Final Report: [Онлайн], <https://www.w3.org/2005/Incubator/model-based-ui/XGR-mbui-20100504/>, 2010, (последно посетен: 17 фев, 2017 г.).
- Крушкова, М., Рахнев, А., Крушков, Х., "Съвременни методи и средства за активно обучение", годишно научно-методическо списание „Образование и технологии“, бр. 5, стр. 211-215 (ел. вариант стр. 427-433), ISSN: 1314 – 1791, 2014.
- Павлов Н., А. Голев, А. Рахнев, Рамка за мобилни логически игри, Доклади на юбилейна национална научна конференция с международно участие “Традиции, посоки, предизвикателства”, 19–21 октомври, Смолян, ISBN: 978-954-8767-43-9, стр. 101-106, 2012.
- Павлов, Н., Рахнев, А., Кюркчиев, В., Малинова, А., Ангелова, Е., Визуализация на географски карти в DisPeL, Научна конференция „Иновационни ИКТ в бизнеса и обучението: тенденции, приложения и разработване“, Пампорово, ISBN: 978-954-8852-72-2, стр. 13-20, 2016.
- Рахнев, А., Малинова, А., Павлов, Н., Параметризирано изпитване в DisPeL, *International Conference “FROM DELC TO VELSPACE”*, Пловдив, 26-28 март, стр. 263-272, Third Millennium Media Publications, ISBN: 0-9545660-2-5, 2014.
- Рахнев, А., Стоева, М., Принципи и технологии за изграждане на потребителски интерфейс за Уеб и десктоп приложения, Национална научна конференция Образованието в информационното общество, стр. 308–317, Пловдив, ISSN: 1314-0752, 2010.
- Рахнев, А., Стоева, М., Арnaudова, В., Радев, Р., Учебен динамичен уеб сайт за неспециалисти, Доклади на юбилейна международна конференция „Синергетика и рефлексия в обучението по математика SREM 2010“, 10-12 септември, Бачиново, стр. 453-460, ISBN 978-954-423-621-2, 2010.
- Чомаков, А., Койчев, И., Григоров, А., Уеб базирана услуга за автоматично извличане на модел на потребителски интереси, Сборник доклади на Петата Национална конференция "Образованието в информационното общество", стр. 126-136, Пловдив, ISBN: 13140752, 2012.