

Ниже приведены пять статей, написанных авторами по материалами отрецензированных докладов на конференции Lux Europa 2017

## Проект *SenCity*: оценка восприятия интеллектуального освещения жителями «умных» городов<sup>1</sup>

А. ЛУУСУА<sup>1,2</sup>, Х. ПИХЛАДЖАНИЕМИ<sup>1,3</sup>, Е. ЮНТУНЕН<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Университет Оулу, Оулу, Финляндия; <sup>2</sup> E-mail: anna.luusua@oulu.fi; <sup>3</sup> E-mail: henrika.pihlajaniemi@oulu.fi; <sup>4</sup> Финский технический исследовательский центр VTT, Оулу, Финляндия.  
E-mail: eveliina.juntunen@vtt.fi

### Аннотация

В статье приведены результаты оценки пользователями трёх пилотных проектов освещения, реализованных в Финляндии. Два исследования связаны с использованием интеллектуального освещения разных маршрутов, причём особое внимание уделяется вопросам видимости, безопасности движения транспорта и пешеходов и ощущению безопасности. Третье исследование связано с более комплексной оценкой интеллектуального освещения применительно к «умным» городам. Методы оценки, свои для каждого из пилотных проектов, включают в себя вопросники, городские информационные панели, проводимые на месте интервью и наблюдения, оценочное зондирование и системный анализ данных. Обсуждается применимость использовавшихся методов с учётом как возможности их реализации, так и полученных результатов.

**Ключевые слова:** оценка, интеллектуальное освещение, метод, восприятие пользователем.

### 1. Введение

Интеллектуальное или «умное» освещение в ближайшем будущем охватит все стороны жизни городов. Помимо экономики энергии, правильно спроектированное интеллектуальное освещение способно улучшить многие составляющие городской среды [1]. Однако примеры реализации такого освещения всё ещё встречаются

довольно редко, и нам недостаёт знаний о восприятии его пользователями, которые можно было бы использовать при проектировании осветительных установок. Так что целью данного исследования было улучшение понимания всего многообразия восприятия интеллектуального освещения пользователями и разработка методов его оценки.

#### 1.1. Проект *SenCity*

Проект *SenCity*, направленный на создание основы для формирования городов нового типа, – это национальный научно-исследовательский проект, в котором участвуют финские города, компании и научно-исследовательские организации [2]. Целью проекта является использование системы освещения в качестве платформы (в виде интернета вещей) для реализации интеллектуального освещения и предоставления ориентированных на пользователя услуг в городских условиях. В рамках проекта в городах-участниках компаниями-участниками создаются пилотные осветительные установки со светодиодами (СД), наилучшим образом отвечающие потребностям конкретных городов. Участвующие в проекте научно-исследовательские организации обеспечивают согласованность пилотных проектов и их реализации, оценивают восприятие этих проектов пользователями и проводят технические оценки и тестирование.

В рамках проекта *SenCity* пилотные установки интеллектуального ос-

вещения были реализованы в шести финских городах в разных городских условиях. Исследования преследуют двоякую цель: изучение потребностей пользователей и их восприятия интеллектуального освещения и разработка и тестирование технических средств, необходимых для создания такого освещения. Собранные вместе, реализуемые в разных городах Финляндии пилотные проекты формируют «лабораторию» для разработки и тестирования инновационных решений. Все пилотные проекты связаны с различными сторонами применения интеллектуального освещения. Эти стороны включают в себя: интерактивное освещение и оказание компьютерно-информационных услуг; безопасность дорожного движения в жилых районах; интеллектуальное освещение и услуги для детей и молодёжи; оснащённые датчиками присутствия освещение велосипедных дорожек и пространства за пределами дорог. Все пилотные проекты должны быть реализованы в 2016–2018 гг. А так как эти проекты имеют разные цели и содержание, то проект *SenCity* предоставляет прекрасную возможность для проверки разных методов оценки освещения в реальных условиях.

#### 1.2. Цели и содержание

В статье описаны три исследования с указанием их целей и содержания, а также описанием применения интеллектуального освещения и методов, использовавшихся при оценке восприятия интеллектуального освещения пользователями. Методы оценки, свои для каждого из пилотных

<sup>1</sup> По материалам доклада на конгрессе Lux Europa-2017.  
Перевод с англ. Е.И. Розовского.

проектов, включают в себя вопросы, проводимые на месте интервью и наблюдения, оценочное зондирование (*evaluation probes*) и системный анализ данных. Обсуждается применимость выбранных и проверенных методов для каждого из пилотных проектов с учётом как их специфики, задач и особенностей потребителей, так и полученных результатов.

## **2. Оценка интеллектуального освещения городов — предшествующие исследования восприятия интеллектуального освещения пользователями**

До настоящего времени не проводились сколь-нибудь обширные обследования реальных городских установок интеллектуального освещения, так как во всех странах мира подобные светотехнические решения всё ещё находятся на стадии разработки и создания пилотных проектов. Однако некоторые исследования в этой области были проведены, и здесь можно привести несколько примеров. Исследования, связанные с адаптивным и интеллектуальным городским освещением, охватывали вопросы безопасности [3, 4], социальные моменты [5–7], значимость [6, 7], создаваемую атмосферу и эстетическое восприятие [5, 6], участие пользователей [6, 7] и средства связи [7]. Большая часть упомянутых вопросов имели большое значение для рекламы и были описаны, например, в [8, 9]. Используемые методы оценки включали, например, психофизический метод, основанный на вопросниках [3] и полупроизвольных интервью и наблюдениях [6].

Наши предшествующие исследования были связаны с осмыслением всех сторон адаптивного и интеллектуального освещения и охватывали все вышеупомянутые вопросы [1, 10]. В ходе наших натурных исследований, проводившихся в парках и на улицах городов, мы использовали качественные методы, применяемые при проведении этнографических исследований, которые включают в себя оценочный метод опроса пешеходов, то есть проводимые на месте наблюдения в совокупности с полупроизвольным интервьюированием прохожих [1, 10]. Помимо этого, мы использовали полупроизвольные интервью и опросники, представленные в электронном и печатном виде [11].

## **3. Оценка восприятия пилотных проектов *SenCity***

Здесь будут рассмотрены три пилотных проекта, два из которых связаны с интеллектуальным освещением различных зон движения, причём особое внимание будет уделено вопросам видимости, безопасности движения и чувству безопасности. Третий проект обеспечивает более комплексное представление об интеллектуальном освещении «умных» городов, отвечая на вопрос, чем освещение может помочь людям в осуществлении разных видов деятельности и какие компьютерно-информационные услуги осветительные установки могут оказывать потребителям. Проект *SenCity* ещё не завершён, как не завершены и связанные с его проведением оценки. Так что приведённые здесь описания и обсуждения методов в какой-то степени носят предположительный характер.

### **3.1. Проект 1: Интеллектуальное дорожное освещение жилого района г. Сало**

В рамках этого пилотного проекта интеллектуального освещения жилого района г. Сало исследовалось дорожное освещение, адаптирующееся как к наличию на дороге автотранспорта, так и к интенсивности движения на дороге. Восприятие этого освещения пользователями оценивалось при помощи вопросников, распространённых как среди жителей примерно 1000 домов, которые использовали рассматриваемую дорогу в своей повседневной жизни, так и среди других заинтересованных жителей города. Оценка производилась в три этапа, которые были связаны с различными стадиями реализации осветительной установки, гласностью проекта и с тем, какое количество информации о нём было опубликовано.

На первом этапе (12.01–05.02.2017) управление новым освещением осуществлялось традиционным образом (*управление, исходя из уровня естественного освещения*): в светлое время суток освещение выключалось, а в тёмное время суток оно включалось на 100 %. Датчик регистрировал пороговый уровень освещённости и автоматически включал и выключал освещение. На втором этапе (06.02–26.02.2017) это традиционное

управление освещением сохранялось, но к нему было добавлено *основанное на регистрации присутствия динамическое управление освещением*. Освещение регулировалось динамически, так что участок около автомобиля всегда освещался на максимальном уровне 100 %, тогда как освещение тех частей дороги, где не было транспорта, уменьшалось до 20 %. Ослабление и усиление освещения осуществлялось плавно в течение 3 с. Хорошо освещённый участок около автомобиля охватывал пять уличных светильников: один, который регистрировал автомобиль при помощи пассивного ИК датчика, и по два светильника до и после него. На третьем этапе (управление освещением осуществлялось начиная с 06.03.2017, вопросник распространялся в период 19.06–02.07. 2017) помимо первых двух способов регулирования использовался ещё и третий способ, основанный на измерении *интенсивности движения транспорта*. При этом нижний уровень освещения устанавливался в соответствии количеством транспорта, зарегистрированного на трассе. При большой интенсивности движения, например, в часы пик утром и вечером, на тех участках дороги, где не было транспорта, уровень освещения уменьшался до 70 %. При умеренной интенсивности движения этот уровень составлял 40 %, а ночью, когда интенсивность движения была минимальной, он уменьшался до 20 %.

На первом и втором этапах вопросники были практически одинаковыми. Перед тем, как ответить на вопросы, респондентов просили проехать по дороге в тёмное время суток при включённом освещении. Это была магистральная улица без тротуаров, так что мы не могли получить ответы от пешеходов и велосипедистов. Для справки мы спрашивали о том, как респонденты использовали эту дорогу, и об условиях, имевших на ней место в то время, когда они производили оценку освещения. Другие вопросы были связаны с общим впечатлением от освещения, цветом освещения, уровнем освещения поверхности дороги и окружающего пространства, равномерностью освещения и блёскостью. Кроме того, респондентов спрашивали, насколько хорошо они видели дорогу и других людей, движущихся по дороге или в её окрестностях. Они могли отметить хорошие стороны ос-

вещения и наличие беспокоящих их моментов, связанных с освещением. Ещё их спрашивали, заметили ли они какие-то изменения освещения в разное время суток или при движении по дороге. Людей, отвечавших на второй вопросник, спрашивали, заметили ли они какие-либо изменения, произошедшие после ответов на первый вопросник. Большинство вопросов были основаны на шкале от 0 до 5 с возможностью давать любые относящиеся к делу комментарии.

На двух первых этапах респондентам не предоставляли никакой информации о новом освещении, за исключением того, что оно осуществлялось при помощи СД и что управление освещением было реализовано зимой и весной. На этих этапах мы хотели получить данные, не подвергшиеся влиянию какой бы то ни было полученной ранее информации. На третьем этапе подход был совсем другим: респондентам была предоставлена подробная информация о всех трёх использовавшихся способах управления освещением. На этом этапе нас интересовало *отношение* респондентов к освещению вообще и к интеллектуальному освещению и трём исследовавшимся способам управления освещением в частности. Нам также интересовало влияние предоставленной информации на впечатление пользователей, их отношение и оценки. На этом этапе респондентов не просили прийти и посмотреть на освещение на месте. Так как на высоких широтах в летнее время светлый период длится очень долго, то при проведении третьего опроса всё наружное освещение было полностью выключено, за исключением нескольких часов глубокой ночью.

Для предоставления информации мы разработали экспериментальный вариант городской информационной панели (*Urban dashboard*) – городской монитор для г. Сало (*City Monitor for Salo*) [12]. На веб-странице панели были представлены динамическая визуализация освещения, масштабируемые графики, отражающие средние уровни освещения и потребления энергии, и текстовое описание всех разновидностей управления освещением (<http://sencity.cloudapp.net:8888/>). Визуализация адаптивного освещения была выполнена в виде динамической карты освещения, нанесённой на аэрофотографию жилого

района с динамически изменяющейся картиной распределения освещения вдоль дорог. Интерфейс был интерактивным, так что пользователи могли сами выбирать разные способы управления освещением и выделять различные временные интервалы выбранного ими дня. Данные пассивного ИК датчика, полученные в один из дней (08.02.2017), использовались для моделирования освещения применительно ко всем трём методам управления, что позволяло сравнивать энергопотребление [12]. Третий вопросник, как в электронном, так и в печатном виде, содержал ту же информацию, но в виде картинок или текста, без интерактивного или динамического моделирования.

### **3.2. Проект 2: Используемое датчики присутствия освещение маршрута движения пешеходов и велосипедистов в г. Хельсинки**

Второй проект связан с оценкой использующего датчики присутствия освещения маршрута движения пешеходов и велосипедистов в жилом районе *Siltasaari* г. Хельсинки. Цель этого ещё не завершённого пилотного проекта состоит в том, чтобы определить, какой тип управления освещением подходит для использующего датчики присутствия освещения маршрутов движения пешеходов и велосипедистов. При этом ставилась задача проектирования и испытаний оптимального освещения, которое обеспечивало бы сбережение большого количества энергии без ущерба для безопасности движения и ощущения безопасности пользователей в тёмное время суток. Испытываемая пилотная интеллектуальная система обладает способностью определять направление движения пользователей маршрутом. И управление освещением может быть организовано таким образом, чтобы использовать эту информацию, с тем чтобы пространство перед пешеходом или велосипедистом освещалось сильнее, чем за ним.

При проведении оценок предполагается исследовать и сравнить два варианта управления освещением с использованием датчиков присутствия. Один будет замечен для пользователей, а другой – нет, что достигается посредством изменения расстояния перед пользователем, на котором будет включено освещение. Освещение

будет уменьшаться до уровня 20 % на тех участках маршрута, на которых нет движения, и увеличиваться до 100 % в окрестности пользователя. Ослабление и усиление освещения осуществляется плавно в течение 3 с. Отзывы об освещении будут собираться на месте при помощи вопросника и коротких систематизированных интервью. Кроме того, вопросник будет распространён в расположенных вдоль маршрута жилых домах, из которых виден этот маршрут, с тем чтобы выяснить, как использующее датчики присутствия освещение воспринимается из жилых помещений. Например, могут ли динамические изменения освещения причинять беспокойство жильцам?

Для проверки своей методики мы провели предварительную оценку на протяжении двух ночей в начале апреля 2017 г. Для участия в эксперименте мы пригласили учащихся учебных заведений, расположенных неподалёку от экспериментального участка. Всего у нас было 10 участников, двое из которых учились в начальной и средней школах и пришли вместе с родителями. Опрос был организован таким образом, чтобы у нас было три человека с вопросниками, которые стояли в точке, расположенной в середине маршрута. Вначале мы провели короткое вводное собеседование с каждым из участников, в ходе которого собирали справочную информацию. Затем каждого из участников просили пройти до конца маршрута и обратно, после чего проводились первое интервью и первое заполнение вопросника. Затем участник доходил до второго конца маршрута и возвращался для второй части интервью и повторного заполнения вопросника. Каждый из участников шёл и опрашивался сам по себе. Управление освещением было организовано таким образом, чтобы на первом участке маршрута освещённый участок перед пешеходом был длиннее, чем на втором участке, и, соответственно, первый вариант управления освещением должен был быть незаметным, а второй – заметным. Оценки освещения выполнялись в период с 9 до 10 часов вечера, когда на маршруте было немного других пользователей, и уже было достаточно темно.

Вопросы касались общего впечатления от освещения, уровня освещения, возможного ощущения блёско-

сти, видимости поверхности дороги, заметности других людей и видимости окружающего пространства. Было ещё два вопроса, связанных с безопасностью, один из которых касался безопасности движения, а другой – ощущения безопасности. Большинство вопросов были основаны на шкале от 0 до 5 с возможностью давать любые относящиеся к делу комментарии. Кроме того, участников просили отметить хорошие стороны освещения и наличие беспокоящих их моментов, связанных с освещением. И наконец, их спрашивали, заметили ли они какие-либо изменения освещения при движении по маршруту, и при положительном ответе их просили описать эти изменения и указать, в какой точке они что-то заметили.

### 3.3. Проект 3: Интеллектуальное освещение променада в гавани г. Лахти с дополнительными услугами

В г. Лахти променада в озёрной гавани преобразуется в зону активного отдыха жителей с использованием интеллектуального освещения и оказанием компьютерно-информационных услуг. Пешеходный маршрут длиной 1,5 км простирается от Музыкального зала им. Сибелиуса в главной гавани до спортивно-ярмарочного центра на другом конце променада. Это зона, включающая в себя важную внутреннюю гавань, железнодорожную ветку и промышленные объекты, имеет интересную историю.

Новое интеллектуальное освещение этой зоны было создано в результате проведения ориентированных на пользователей проектно-конструкторских работ с участием представителей городской администрации, бизнеса, научно-исследовательских организаций и заинтересованных лиц. Описание работ и участников можно найти в [13]. Эта работа до сих пор продолжается, так как строительство этой зоны и её освещение ещё не завершены. В окончательном проекте используется интеллектуальное освещение, которое помимо энергоэффективности и безопасности при хорошей видимости оказывает стимулирующее и привлекающее воздействие и служит для реализации художественно оформленных информационных задач. Эта зона разделена на четыре подучастка, каждый со своим

подходом к освещению и оказанию услуг: активный пешеходный участок на берегу гавани, исторический пешеходный участок вдоль железнодорожного полотна между двумя озёрами, опасный участок пересечения с оживлённой дорогой и «задворки» с небольшими промышленными предприятиями в окрестности спортивно-ярмарочного центра. Конечное решение сочетает в себе равномерно распределённое освещение белыми СД, которое ослабляется при отсутствии движения на маршруте, с создающей определённую атмосферу игрой динамически управляемых световых точек на поверхности променада, которые могут иметь разные цвета, например, для передачи сообщений или создания сезонного настроения.

Осветительная установка будет сочетать в себе интеллектуальное СД освещение маршрута с пассивными ИК датчиками и создающими разные эффекты RGBW светильниками направленного света с цифровым управлением светом. Кроме того, в привлекательные деревянные осветительные опоры будут вмонтированы базовые станции для бесплатного подключения к WiFi, веб-камеры, громкоговорители и места для установки дополнительных датчиков. В результате этот комплекс будет основой для оказания интеллектуальных городских услуг. Первая стадия проекта должна быть завершена осенью 2017 г., а проект в целом – в течение 2018 г. Наше участие в проекте продолжится осенью 2017 г. и будет состоять в составлении вопросника касательно потребностей и предложений в части использования установки интеллектуального освещения для оказания компьютерно-информационных услуг.

Улучшение знания истории было оценено пользователями в ноябре 2016 г., после того, как идея о предоставлении информации об истории зоны посредством оказания компьютерно-информационных услуг перешла в стадию реализации. Оценка осуществлялась при помощи проводимых на месте полупроизвольных интервью и наблюдений. После того, как осветительная установка будет реализована и начнёт использоваться для оказания услуг, например, для реализации игры света и в информационных целях, будет проведена дополнительная оценка мнения пользователей. Кроме осуществляемых на месте

опросов и наблюдений, для этого подойдёт метод оценочного зондирования (*evaluation probes method*) [14], который был разработан нами ранее. Он создан по аналогии с методами культурного зондирования (*cultural probes methodology*), которые уже использовались применительно к ориентированному на потребителя освещению [13].

## 4. Обсуждение методов оценки

Сведения о процессе оценки реализованных пилотных проектов просуммированы в таблице, в которой приведены объекты исследований и оцениваемые параметры, методы оценки, положительные моменты, а также выявленные проблемы и предполагаемые пути их решения.

Оценки проектов, как предварительные, так и окончательные, оказались успешными во многих отношениях и обеспечили нас интересными данными. Кроме того, выявленные проблемы помогли нам усовершенствовать методику оценки. В случае проекта 1, *затрагивающего жителей микрорайона*, тесно связанных с зоной проведения исследований, мы смогли получить прекрасную выборку ответов заинтересованных респондентов. В случае проекта 3 у нас есть группа людей, которые были вовлечены в процесс создания ориентированной на потребителя осветительной установки. А в случае проекта 2 можно ожидать проблем с привлечением достаточного для формирования хорошей выборки количества участников, особенно если мы хотим опрашивать как пешеходов, так и велосипедистов. При этом будет применён подход, предусматривающий участие расположенных поблизости школ и местного центра обслуживания престарелых.

Проведение исследований в реальных условиях сопряжено с трудностями по причине *сложности внешних условий и многообразия получаемых впечатлений*, что затрудняет контроль условий проведения исследований и рассматриваемых ситуаций. Наш опыт говорит о том, что в этом случае хорошо подходят устойчивые к колебаниям входных параметров качественные методы исследований. Так в случае проекта 3 планируется применить *совокупность качественных методов*. Оценочное зондиро-

## Анализ проведённых исследований

Проект	Объекты и оцениваемые параметры	Методы	Положительные моменты	Проблемы	Пути решения
1	<u>Дороги:</u> – Зрительное впечатление. – Качество освещения. – Видимость. – Восприятие поведения освещения. – Безопасность дорожного движения. – Отношение и оценки. – Одобрение.	– Электронные и печатные вопросники. – Шкалы оценки и открытые вопросы. – Вождение и восприятие реальных дорог с двумя типами освещения. – Городская информационная панель для обмена информацией.	– Хорошая выборка: Этап 1: 130 чел. Этап 2: 106 чел. Этап 3: 52 чел. – Заинтересованные участники. – Обмен информацией был положительно оценен участниками. – Сочетание шкал оценки и комментариев. – Электронные и печатные вопросники.	Сопоставимость результатов: – погодные условия; – интенсивность движения транспорта. Техническая несовместимость с городской приборной панелью и моделированием.	– Погодные условия легче контролировать осенью. – Привязка времени наблюдения к периоду низкой интенсивности движения. – Разработка панели на основе полученных данных.
2	<u>Освещение на маршруте движения:</u> – Зрительное впечатление. – Качество освещения. – Видимость. – Безопасность движения людей. – Ощущение безопасности. – Беспокойство.	– Опрос, осуществляемый на месте при помощи вопросника. – Сравнение двух типов освещения на различных участках маршрута. – Вопросники, распространённые в близлежащих жилых домах.	– Сочетание шкал оценки и комментариев. – Заинтересованные участники. – Хороший выбор времени, приходившегося на поздний вечер.	– Привлечение достаточно для получения хорошей выборки количества участников (в исследованиях участвовали 10 чел.). – Влияние различий в контексте на результаты эксперимента. – Влияние реальных условий (ветра и растительности) на восприятие технических средств. – Восприятие поведения освещения.	– Сотрудничество с местными школами и центрами обслуживания престарелых, разные возрастные группы (учителя, учащиеся, родители, престарелые). – Один и тот же контрольный маршрут для всех типов освещения.
3	<u>Променады в гавани:</u> – Взаимодействие и участие. – Связь и информация. – Социальный опыт. – Атмосфера. – Безопасность движения. – Ощущение безопасности.	– Интервью в произвольной форме и наблюдение на месте, оценка накопленного опыта. – Оценочное зондирование. – Системный анализ данных. – Вопросник для потребителей услуг.	Характер участия и оценка улучшения знания истории: – Заинтересованные участники. – Контекстуальные знания и идеи.	– Неоднозначные условия окружающей среды и имеющийся опыт. – Технические проблемы опытной установки.	– Использование городских информационных панелей для обмена информацией и проведения оценок.

вание [14] позволяет участникам освоиться на месте и провести оценки в удобное для них время при отсутствии исследователей. С другой стороны, осуществляемые на месте интервью и наблюдения [1, 10], являющиеся более интерактивным способом получения информации, способны выявить и другие моменты, связанные с оценкой освещения. Тем не менее, в случаях проектов 1 и 2, мы предполагаем получить для последующего анализа некоторые количественные

данные и достаточно большую выборку. В этом случае *свободные комментарии оказались хорошим подспорьем для проводимых при помощи шкалы оценок* и были очень полезны при *интерпретации полученных результатов*, так как численные данные сами по себе могут быть истолкованы превратно. Так было в случае проекта 2, когда полученные комментарии позволили понять, что различия двух частей маршрута повлияли на ответы сильнее, чем различия в освеще-

нии. Это обстоятельство заставило нас внести изменения в отчёт о проведении исследований.

Использование *как печатных, так и электронных вопросников* оказалось удачным решением, так как это позволило *лицам разного возраста и с разными техническими возможностями* принять участие в проведении исследований. В случае проекта 1, *предоставление информации* об интеллектуальном освещении было высоко оценено многими респонден-

тами, и они положительно откликнулись на возможность участия в процессе освещения их родного города. Однако несмотря на положительную оценку предоставления информации, было сделано несколько критических замечаний относительно некоторых особенностей информационных панелей, а в ряде отзывов отмечалось, что эта информация оказалась бесполезной. В дальнейшем необходимо будет решить как *проблему технических барьеров*, так и *вопросы применимости информационных панелей*. Тем не менее, подобный *двунаправленный процесс получения знаний* очень важен для проектно-конструкторских работ, выполняемых при активном участии общественности, и является хорошим способом вовлечения людей в проведение исследований и развития районов их проживания.

Проект *SenCity* финансируют Финское агентство по финансированию инновационных проектов (*TEKES*), города-участники (Хельсинки, Лахти, Оулу, Раахе, Сало и Тампере), компании (*C2 Smartlight, Elisa, GreenLED, Misal, Nokia и Valopaa*) и научно-исследовательские организации (Университет Оулу и Финский технический исследовательский центр *VTT*). Авторы благодарят С. Коуренен (*S. Kourunen*), Т. Йостерлунд (*T. Österlund*), Т. Пуринкорва (*T. Pukinkorva*) и Ле Анх Хай (*Lê Anh Huy*) из Университета Оулу, Е.-М. Саряноя (*E.-M. Sarjanoja*), Р. Ваараниemi (*R. Vääräniemi*), Дж. Ескели (*J. Eskeli*), М. Хаккарайнен (*M. Hakkarainen*) и П. Суорса (*P. Suorsa*) из *VTT* и С. Хуусконен (*S. Huuskonen*) из Университета Аалто за их вклад в реализацию пилотных исследовательских проектов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pihlajaniemi, H. Designing and experiencing adaptive lighting. Case studies with adaptation, interaction and participation // Doctoral thesis, University of Oulu, Acta Universitatis Ouluensis, H3 Architectonica, 2016 [Online]. Available: <http://jultika.oulu.fi/Record/isbn978-952-62-1090-2>.

2. Pihlajaniemi, H., Juntunen, E., Luusua, A., Tarkka-Salin, M., Juntunen, J. SenCity – Piloting Intelligent Lighting and User-Oriented Services in Complex Smart City Environments // Proc. of eCAADe.– 2016. – P. 669–680.

3. Viliūnas, V. et al. Subjective evaluation of luminance distribution for intelligent outdoor lighting // Lighting Research & Technology. 2014. – Vol. 46, No. 4. – P. 421–433.

4. Haans, A., de Kort, Y.A. Light distribution in dynamic street lighting: Two experimental studies on its effects on perceived safety, prospect, concealment, and escape // Journal of Environmental Psychology.– 2012. – Vol. 32, No. 4. – P. 342–352.

5. Casciani, D. Urban social lighting. Exploring the social dimension of urban lighting for more sustainable urban nightscapes // Doctoral dissertation. Politecnico di Milano, Dipartimento di design, 2014.

6. Poulsen, E.S., Morrison, A., Andersen, H.J., Jensen, O.B. Responsive lighting: the city becomes alive // Proc. of the 15<sup>th</sup> Int. Conf. on Human-computer interaction with mobile devices and services. 2013, ACM. – P. 217–226.

7. Seitinger, S. Liberated pixels: alternative narratives for lighting future cities // Doctoral dissertation, MIT, 2010.

8. Wiethoff, A., Gehring, S. Designing interaction with media façades: a case study // Proc. of the Designing Interactive Systems Conf. 2012. ACM. – P. 308–317.

9. Fritsch, J., Brynskov, M. Between experience, affect, and information: Experimental urban interfaces in the climate change debate // In: From Social Butterfly to Engaged Citizen: Urban Informatics, Social Media, Ubiquitous Computing, and Mobile Technology to Support Citizen Engagement. Eds. M. Foth, L. Forlano, C. Satchell, M. Gibbs. The MIT Press, 2011. – P. 115–134.

10. Luusua, A., Pihlajaniemi, H., Ylipulli, J. Northern Urban Lights: Emplaced Experiences of Urban Lighting as Digital Augmentation // In: Architecture and Interaction. Eds. N. Dalton, H. Schnädelbach, M. Wiberg, T. Varoudis. – Human-Computer Interaction Series, Springer, Cham, 2016. – P. 275–297 [Online]. Available: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-30028-3\\_13](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-30028-3_13).

11. Pihlajaniemi, H., Luusua, A., Teirilä, M., Österlund, T., Tanska, T. Experiencing participatory and communicative urban lighting through LightStories // Proc. of the 4<sup>th</sup> Media Architecture Biennale Conf., 2014. Participation, ACM. – P. 65–74.

12. Pihlajaniemi, H., Luusua, A., Sarjanoja, E.-M., Vääräniemi, R., Juntunen, E., Kourunen, S. SenCity City Monitor as a platform for user involvement, innovation and service development // Proc. of eCAADe.– 2017. – В печати.

13. Pihlajaniemi, H., Huuskonen, S., Lê Anh, H., Juntunen, E. Smart Lighting for Urban Experiences – Engaging Users for Better Services // Proc. of PLDC6<sup>th</sup> Professional Lighting Design Convention – 2017. – В печати.

14. Luusua, A., Ylipulli, J., Jurmu, M., Pihlajaniemi, H., Markkanen, P., Ojala, T. Evaluation probes // Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2015, New York, NY, USA, ACM Press.

15. Gaver, W., Dunne, T., Pacenti, E. Cultural probes // Interactions.– 1999. – Vol. 6, No. 1. – P. 21–29.



**Анна Луусуа (Anna Luusua),**

Dr. Tech (2016 г.), архитектор. Научный сотрудник Школы архитектуры Университета Оулу. Область научных интересов: участие пользова-

телей в проектировании, их восприятие и способы их участия, градостроительство



**Хенрика Пихладжаниеми (Henriikka Pihlajaniemi),**

M. Sc. (архитектура), D. Sc. (Tech.) (2016 г.). Читает лекции по архитектурному и городскому освещению

в Школе архитектуры Университета Оулу. Консультирует по вопросам проектирования освещения в своём архитектурном офисе M3 Architects. Область научных интересов: адаптивное и интеллектуальное освещение, участие пользователей в проектировании и их восприятие



**Евелина Юнтунен (Eveliina Juntunen),**

D. Sc. (Tech.) (2014 г.). Старший научный сотрудник Финского технического исследовательского центра VTT. Область научных ин-

тересов: внедрение интеллектуальных систем управления и управление тепловым режимом применительно к освещению светодиодами