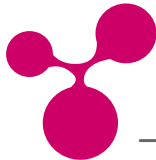


Technische Universität Dresden – Fakultät Informatik
Professur für Multimedialechnik, Privat-Dozentur für Angewandte Informatik

Prof. Dr.-Ing. Klaus Meißner
PD Dr.-Ing. habil. Martin Engelen
(Hrsg.)



GENEME '10

GEMEINSCHAFTEN IN NEUEN MEDIEN

an der
Fakultät Informatik der Technischen Universität Dresden

mit Unterstützung der

3m5. Media GmbH, Dresden
ANECON Software Design und Beratung GmbH, Dresden
Communardo Software GmbH, Dresden
GI-Regionalgruppe, Dresden
itsax.de | pludoni GmbH, Dresden
Kontext E GmbH, Dresden
Medienzentrum der TU Dresden
objectFab GmbH, Dresden
SALT Solutions GmbH, Dresden
SAP AG, Resarch Center Dresden
Saxonia Systems AG, Dresden
T-Systems Multimedia Solutions GmbH, Dresden

am 07. und 08. Oktober 2010 in Dresden

www.geneme.de
info@geneme.de

C.8 Simulation von Annotationen zur gemeinschaftlichen Nutzung geographischer Daten

Jens Voegler, Gerhard Weber

Technische Universität Dresden, Institut f. Angewandte Informatik

1 Einleitung

Die Modellierung und Simulation von Benutzern wird in verschiedenen Bereichen genutzt, um Rückschlüsse auf die Gebrauchstauglichkeit von Software und Systemen zu erhalten¹. In Recommender-Systemen werden die Benutzervorlieben berechnet, um neue Produktvorschläge zu generieren. Oder es wird das Verhalten des Menschen in bestimmten Situationen oder die Benutzung eines Programmes simuliert [1]. Die Simulation bietet den Vorteil, dass die Entwickler verschiedene Szenarien testen können, ohne kosten- und zeitintensive Probandenversuche durchführen zu müssen. Bei der Simulation ist daher sichergestellt, dass die Präferenzen der Probanden in der Simulation berücksichtigt werden, um möglichst realitätsnahe Ergebnisse zu erhalten. Im Folgenden wird die Simulation von Fußgängern in einer adaptiven Karte beschrieben, wobei der Fokus der Simulation auf dem Bewertungsverhalten der Benutzer liegt.

Die Grundlage für diese Simulation bildet das Programm RouteCheckr [2]. RouteCheckr ist eine Navigationssoftware für Menschen mit einer Behinderung, die es einzelnen Benutzern ermöglicht, Wegabschnitte hinsichtlich verschiedener Kriterien zu bewerten. Der Benutzer kann über seine Annotationen aktiv die Routenberechnung für sich selbst bzw. nachfolgende Benutzer beeinflussen. Die Annotation ist entweder eine subjektive Bewertung des Benutzers für einen vorliegenden Wegabschnitt oder einen markanten Wegpunkt, welcher die Orientierung und Navigation erleichtert. Die Wegabschnitte können über eine Likert-Skala von 1-5 durch den Benutzer bewertet werden, wobei 1 sehr gut und 5 überhaupt nicht geeignet ist.

Völkel zeigt in einem Feldversuch auf, dass Menschen mit einer Behinderung spezifisch annotieren. Insbesondere Menschen im Rollstuhl und blinde Menschen bilden eine Benutzergruppe mit einem Annotationsverhalten, das vom Verhalten von Menschen, die keine Mobilitätsprobleme haben, abweicht. RouteCheckr ermöglicht die Barrierefreiheit von Karten für die Fußgängernavigation zu verbessern und dabei die behinderungsspezifischen Anforderungen zu berücksichtigen [2].

¹ “[...] because the designer cannot predict the ways in which his system will be used.” (Seite 370 [13]).

Mit Hilfe der Simulation soll gezeigt werden, wann ein Benutzer annotiert, um Rückschlüsse zu erhalten, wie die Navigationssoftware initialisiert werden muss. Ebenfalls ist es erforderlich, dass fehlerhafte Annotationen anhand eines Verfahrens erkannt werden, um eine robuste Routenberechnung sicherzustellen.

Zuerst wird dazu der zu simulierende Prozess, das Annotieren, analysiert. Darauf aufbauend wird das entworfene Simulationsmodell genauer beschrieben. Anschließend wird ein Algorithmus für die Berechnung eines korrekten und aktuellen Mittelwerts vorgestellt. Des Weiteren wird ein Algorithmus für die Identifikation falscher Annotationen vorgestellt. Abschließend wird die praktische Umsetzung kurz erläutert und ein Ausblick gegeben.

2 Frühere Arbeiten

Ubiquitäre Systeme zur Navigation auf Straßen verwenden bereits zur Stauwarnung Annotationen, die ein Mobilfunkanbieter durch Überwachung der Ortsänderung von Mobiltelefonen ermittelt. Die barrierefreie Fußgängernavigation wird seit mehr als 30 Jahren untersucht, auch dafür werden geographische Daten und die Lokalisierung der eigenen Position eingesetzt. Die angebotenen Karten sind jedoch wenig für Fußgänger geeignet und enthalten bisher keine Metadaten für Menschen mit einer Behinderung. Für OpenStreetMap gibt es aktuell einige Initiativen, die sich speziell jeweils Metadaten für blinde Menschen und Metadaten für Rollstuhlfahrer erarbeiten. In eigenen Veranstaltungen werden die Kartendaten und -attribute im Team von Betroffenen und Kartographen ermittelt. Eine umfangreiche flächendeckende Kartierung ist auf absehbare Zeit nicht zu erwarten.

Thimbley untersucht in einer Vielzahl von Arbeiten zur Modellierung interaktiver Systeme die Simulation des Eingabeverhaltens mit dem Ziel, Eigenschaften der Gebrauchstauglichkeit automatisiert bestimmen zu können [3].

Unter Annahme von Randbedingungen gelingt dies vor allem für einfache Modelle mittels mehrstufiger stochastischer Prozesse. Es wird aber deutlich, dass die menschliche Psyche sich eines allgemeinen theoretischen Modells entzieht, so dass diese Vorgehensweise nur in Spezialfällen angewendet werden kann.

Bei der Erzeugung von Avataren in Animationsszenen kann durch Simulation des menschlichen Verhaltens wie diverse Kopfdrehungen, Zeigehandlungen, Uhr ablesen usw. ein realistisches Verhalten erzeugt werden [4]. Diese Anwendung macht deutlich, dass das Bewegungsverhalten entlang von Pfaden durch stochastische Eigenschaften beschrieben werden kann.

Simulationsverfahren werden auch benutzt, um den Einfluss einer Behinderung auf das Eingabeverhalten und damit die Gebrauchstauglichkeit einer Anwendung zu beschreiben bzw. zu evaluieren. Dieser Ansatz erzeugt für die automatische Usability-Analyse ein spezielles Verhalten, das dem Betrachter ansonsten nicht zugänglich ist [5].

Analyse der zu simulierenden Aufgabe

Zu simulieren ist das Annotieren eines Wegabschnittes durch den Benutzer. Stark vereinfacht lässt sich der Annotationsprozess als Stimulus-Response-Modell (SR-Modell) beschreiben. Der Benutzer reagiert auf den Wegabschnitt (Stimulus) mit seiner Bewertung (Response). Dieses Modell berücksichtigt jedoch nicht die internen Prozesse des Benutzers. Die Simulation von individuellen Benutzerbewertungen ist daher nicht möglich, weil der Benutzer immer gleich auf den Stimulus reagiert (vgl. Abbildung 1).



Abbildung 1: Stimulus - Response - Modell

Im Stimulus-Organism-Response-Modell (SOR-Modell) wird der Organismus (Mensch bzw. Benutzer) in dem Verarbeitungsprozess berücksichtigt (siehe Abbildung 2). Jede Reaktion kann über die individuellen Faktoren des Benutzers beeinflusst werden.

Um individuelle Bewertungen zu simulieren, müssen die Informationsverarbeitungsprozesse des Menschen genauer betrachtet und modelliert werden. Eine individuelle Bewertung erfordert vorhandenes Wissen, um die momentane Situation mit ähnlichen zu vergleichen, einzuschätzen und zu bewerten [6]. Wie und auf welches Wissen der Benutzer zugreift und wie der Benutzer die momentane Situation wahrnimmt, ist von einer Vielzahl von psychologischen und physischen Faktoren abhängig [7]. Die wichtigsten Faktoren sind die Stimmung, Emotion, die psychische Konstitution und das Wissen des Menschen. In der Psychologie wird zwischen Emotion und Stimmung unterschieden. Emotionen sind starke Gefühle, die sich auf einen Gegenstand oder eine Person beziehen [8]. Stimmungen hingegen sind nicht so starke Gefühle und haben kein konkretes Bezugsobjekt. Im Vergleich zu Emotionen dauern Stimmungen länger an. Der Einfluss von Emotionen und Stimmungen wurde in einer Vielzahl von Studien belegt (vgl. Kap. 4 in [8]). Emotionen und Stimmungen beeinflussen die Verarbeitung (informationale Funktion) und die Verarbeitungsweise der erhaltenen Informationen (motivationale Funktion) [9]. Die informationale Funktion beschreibt, welche Informationen wahrgenommen werden. Der Mensch bevorzugt immer stimmungäquivalente Informationen (mood-congruent encoding) [8]. Die motivationale Funktion beeinflusst wie die Informationen verarbeitet werden. Menschen in einem negativ affektiven Zustand verarbeiten Informationen nach dem Bottom-Up-Prinzip, um die Ursache für ihre schlechte Stimmung identifizieren zu können. Das Top-down Prinzip wird bei positiv affektiven Zuständen genutzt. Nach

der Wahrnehmung der Situation müssen die Informationen mit vorhandenem Wissen verglichen werden. Die Stimmung beeinflusst auch den Zugriff auf vorhandenes Wissen (mood-dependent memory), wobei stimmungsäquivalentes Wissen bevorzugt verwendet wird.

Das Benutzerwissen beinhaltet unter anderem Coping-Strategien und ähnlich erlebte Situationen. Je größer dieses Wissen ist, desto besser kann der Bewerter die Situation einschätzen und sie bewältigen. Neben der Stimmung beeinflusst auch die physische Konstitution die menschliche Wahrnehmung. Erschöpfte und müde Personen betrachten Situationen oberflächlicher und unaufmerksamer, folglich ist die Bewertung nicht mehr exakt. Weiterhin erlebt der Mensch Freude oder Frustration während er läuft. Dies erfolgt aufgrund von schlechten Wegabschnitten und schwer bzw. nicht zu bewältigenden Situationen, zum Beispiel eine stark befahrene Kreuzung mit fehlender oder schlechter akustischer Signalanlage für blinde Menschen. Wenn eine Route aus vielen ungeeigneten Wegabschnitten besteht, wird der Benutzer gute Wegabschnitte daher schlechter bewerten. Ein weiterer Aspekt für die Bewertungssimulation ist die Gewichtung der Benutzergruppenkriterien. Jeder Benutzer hat andere Vorlieben und Anforderungen an seinen Weg. Beispielsweise ist die Länge des Weges eher zweitrangig. Sehbehinderte und blinde Menschen (94,3%) akzeptieren einen Umweg, wenn dieser sicherer ist [10].

Neben den individuellen internen Prozessen muss die Bewertungswahrscheinlichkeit des Benutzers beschrieben werden. Der Benutzer kann eine Bewertung abgeben oder nicht. Hidden-Markov-Modelle (HMM) sind ein geeignetes Modell für die Beschreibung von stochastischen Prozessen, welche aus zwei Zufallsprozessen bestehen. HMM bestehen aus sichtbaren und nicht sichtbaren Zuständen. Diese Zufallsprozesse sind der Bewertungsprozess des Menschen (nicht sichtbar) und die daraus resultierende Handlung (sichtbar) – Bewertung wird abgeben oder nicht.

3 Simulationsmodell

Nach der Analyse der zu simulierenden Prozesse wird nun die zugrunde liegende Formel für die Berechnung der Benutzerbewertung vorgestellt. Die Bewertung des Benutzers $r_{(i,Kriterium)}$ bezieht sich auf ein Kriterium eines Wegabschnittes $w_{(i,Kriterium)}$. Formel (I) zeigt die vereinfachte Formel für die Berechnung, unter Berücksichtigung der benutzerspezifischen Faktoren, wobei die internen Prozesse des Benutzers b zusammengefasst sind:

$$r_{(i,Kriterium)} = w_{(i,Kriterium)} + b \quad (I)$$

Die Ausführungen zeigen, dass eine Vielzahl von physischen und psychologischen Faktoren in die Wahrnehmung und Bewertung des Benutzers einfließen. Der Benutzer benötigt Wissen (Erfahrung) e , um die Situation einschätzen zu können. Die Stimmung beeinflusst, wie auf vorhandenes Wissen zugegriffen wird und wie Informationen

wahrgenommen und verarbeitet werden. Während des Ablaufens der Route ermüdet der Benutzer und seine Stimmung m verändert sich. Die Ermüdung und Veränderung eines internen Zustandes wird mit d_k beschrieben, wobei $k \in$ Kriterien. In [10] wurde gezeigt, dass der Mensch die Kriterien unterschiedlich gewichtet. g_k beschreibt die Gewichtung des Kriteriums k . Alle erforderlichen Faktoren für eine individuelle Bewertungssimulation sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Zusammenfassung der individuellen Faktoren des Menschen

Erklärung	Zeichen	Konstante
Copingstrategien und Wissen des Benutzers	e	ε
Stimmung während der Simulation	m	μ
physischer Zustand oder Frustration bzw. Freude über den bisherigen Zustand des Weges	d_k	δ
persönliche Gewichtung eines Kriteriums	g_k	γ
zu bewertender Wegabschnitt	w_k	ω

Der Benutzer wird mit der Formel (II) beschrieben.

$$b = d_k + g_k + m + e \quad (II)$$

Abbildung 2 zeigt das entstandene SOR-Modell und die Beziehung zwischen den einzelnen Faktoren sowie das resultierende Benutzerverhalten. Die vollständige Formel für die Berechnung der Benutzerbewertung lautet:

$$r_{(i,K)} = \gamma * w_{(i,K)} + \delta * d_k + \gamma * g_k + \mu * m + \varepsilon * e \quad (III)$$

In Formel (III) wurden Konstanten für jeden persönlichen Faktor ergänzt, um den Einfluss der einzelnen Faktoren auf die Gesamtbewertung definieren zu können.

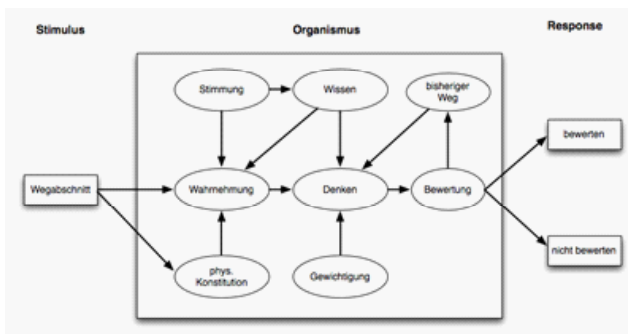


Abbildung 2: Bewertungsprozess dargestellt im SOR-Modell

Nach der Berechnung von $r_{(i,K)}$ muss der erhaltene Wert noch gerundet werden, da *minimale Bewertung* $< r_{(i,K)} \leq$ *maximale Bewertung*, wobei $r_{(i,K)} \in \mathbb{R}$. Für das Runden wird ebenfalls die Wahrscheinlichkeit genutzt, da das mathematische Runden sehr absolut ist und andere Ergebnisse nicht möglich sind. Zahlen im Bereich von 1,00 bis 1,49 werden immer zur 1 abgerundet. Beim Runden über die Wahrscheinlichkeit kann die Zahl in diesem Fall auch zur 2 aufgerundet werden. Zum Beispiel wird 1,3 zu 70% zur 1 abgerundet und zu 30% aufgerundet. Auf diese Weise kann wiederum Varianz beim Bewertungsverhalten der einzelnen Menschen simuliert werden, denn nicht jeder Mensch bewertet immer richtig und genau. Die berechnete Wahrscheinlichkeit ist die Migrationswahrscheinlichkeit des HMMs. Zur Bestimmung der Emissionswahrscheinlichkeiten wird davon ausgegangen, dass der Benutzer schlechte Wegabschnitte eher bewertet als gute. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass der Benutzer überhaupt nicht bewertet. Dieses Beispiel ist denkbar, wenn der Benutzer keine Lust zur Bewertung hat. Zur Bestimmung der Emissionswahrscheinlichkeiten werden Wahrscheinlichkeiten an das realitätsnahe Bewertungsverhalten von Benutzern angelehnt [11]. D.h. die Wahrscheinlichkeit, dass der Benutzer annotiert, ist wesentlich höher, wenn der Weg schlecht ist und er mit der momentanen Situation unzufrieden ist.

Abbildung 3 zeigt das entstandene HMM für die Bewertungssimulation. Die interne Benutzerbewertung wird über die nicht sichtbaren Zustände dargestellt. In Abhängigkeit der Bewertung wird entschieden, ob der Benutzer annotiert (sichtbare Zustände). Unabhängig von der Benutzerreaktion wird die berechnete Bewertung für die Berechnung von d_k gespeichert.

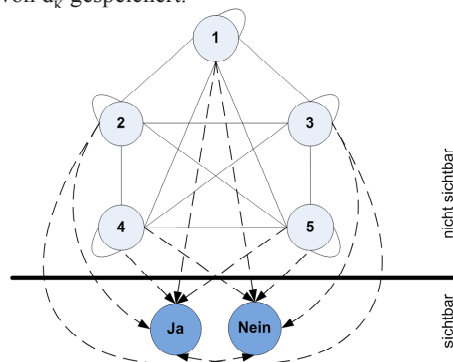


Abbildung 3: HMM für die Bewertungssimulation

Für jeden Wegabschnitt und für jedes zu bewertende Kriterium wird ein HMM erzeugt, da sich der physische Zustand und die Frustration bzw. Freude des Benutzers während des Laufens verändert.

4 Verwertung der Benutzerannotationen

Die Navigationssoftware muss gegenüber falschen Annotationen robust sein, um eine korrekte Routenberechnung sicherzustellen. Außerdem sollten Änderungen des Wegzustandes das Ergebnis signifikant beeinflussen. Nachfolgend werden die Verfahren für die Erkennung falscher Annotationen und der Algorithmus zur Berechnung des fehlerminimierten Durchschnitts erläutert.

Erkennung falscher Annotationen

Eine falsche Annotation ist dadurch erkennbar, dass sie weder dem vorherigen noch nachfolgenden Bewertungsverhalten entspricht. Folglich muss jede Annotation mit den vorherigen und nachfolgenden Annotationen korreliert werden. Denn jede Veränderung der Benutzerbewertung kann eine Veränderung des Wegzustandes beschreiben. Bei der Überprüfung der Annotation müssen die erste Annotation (Initialbewertung) und die aktuellste Annotation a_n , wobei $n \in \mathbb{N} \wedge n > 0$, gesondert betrachtet werden. Das System muss so initialisiert werden, dass a_1 immer korrekt und unabhängig von den nachfolgenden Annotationen ist. Die aktuellste Annotation kann nur in Bezug zu den vorherigen Annotationen gesetzt werden und muss daher als korrekt betrachtet werden. Problematisch ist jedoch das Szenario, wenn a_n eine Veränderung des Wegzustandes bewertet wurde oder eine falsche Annotation angegeben ist. Dieser Fall wird im nächsten Punkt behandelt. Für die Identifikation einer falschen Annotation müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- 1) mind. 4 Annotationen müssen gespeichert sein
- 2) die zu überprüfende Annotation $a_p \neq a_1$
- 3) $a_p \neq a_2$
- 4) $a_p \neq a_N$, N = Anzahl aller Annotationen

Sind alle diese Bedingungen erfüllt, wird zuerst die Annahme überprüft, ob a_p den gleichen Zustand wie die vorherigen Annotationen bewertet. Hierfür wird die Standardabweichung oder der Differenzbetrag genutzt. Welche Methode verwendet wird, ist von der Anzahl der vorherigen bzw. nachfolgenden Annotationen abhängig, welche den gleichen Zustand bewerten. Ist vor bzw. nach a_p nur eine Annotation gespeichert, kann die Standardabweichung nicht mehr für die Berechnung genutzt werden. Liegen der Differenzbetrag oder die Standardabweichung unterhalb der definierten Grenzwerte, ist a_p eine korrekte Annotation. Der Sonderfall, dass $a_p = a_N$, wird im folgenden Punkt näher erläutert.

Fehlerminierende gewichtete Durchschnittsberechnung

Das arithmetische Mittel ist für die Berechnung aktueller Durchschnittswerte aus mehreren Gründen nicht geeignet. Jede Annotation wird unabhängig vom Annotationszeitpunkt für die Berechnung genutzt und Veränderungen beeinflussen

erst zeitlich verzögert den Durchschnittswert. Außerdem ist die Berechnung nicht robust gegenüber falschen Annotationen. Die Lösung dafür ist der gewichtete Durchschnitt nach [12]:

$$\bar{a}_w = \sum_i^N \omega_i * a_i \quad (IV)$$

Beim gewichteten Durchschnitt wird ω_i in Abhängigkeit der Annotationszeitpunkte berechnet. Alle zu verwendenden Annotationen liegen im Intervall $[\tau, \tau - \Delta t]$. Δt definiert den maximalen Berechnungszeitraum. ω_{\max} und ω_{\min} sind die obere und untere Grenze für die Gewichtungen. Der Vorteil dieser Berechnung ist, dass aktuellere Annotationen höher gewichtet werden als ältere (Abbildung 4).

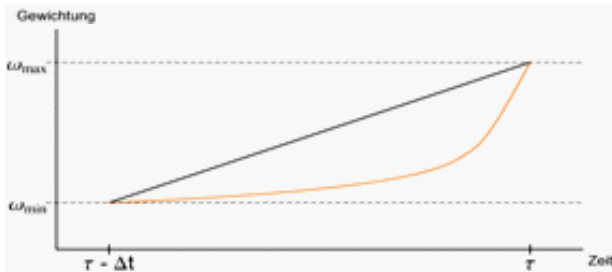


Abbildung 4: Verteilung der Gewichtung in Abhängigkeit der Zeit aus [12]

Der Algorithmus für die Erkennung falscher Annotationen überprüft nicht die aktuellste Annotation a_N . a_N kann aber die Berechnung verfälschen, wenn sie nicht korrekt ist. Daher wird a_N vor der Berechnung überprüft. Wenn a_N keine Veränderung zu den vorherigen Annotationen wiedergibt, wird sie ohne Veränderung in der Berechnung genutzt. Zeigt die Überprüfung eine Änderung im Bewertungsverhalten wird a_N mit dem Faktor x multipliziert, um den Einfluss zu minimieren. Der Faktor x wird dabei so gewählt, dass a_N zwischen den Durchschnittswerten für eine korrekte und eine falsche Annotation liegt.

Umsetzung der Simulationskomponente

Auf Grundlage des Programms RouteCheckr wurde eine Simulationskomponente umgesetzt. RouteCheckr ist ein Java-Programm zum Testen der Routenberechnung und zur Verwaltung der Benutzerprofile sowie der Annotationen. In einer relationalen Datenbank sind die Annotationen und die Benutzerdaten gespeichert. Die Parameter des Benutzers, wie Wissen und Stimmung, können über ein Dialogfenster konfiguriert werden. Während der Simulation werden die Simulationsdaten in einer CSV-Datei für die Weiterverarbeitung gespeichert. Zusätzlich wurde eine graphische Oberfläche

zur adaptierbaren Visualisierung der Annotationen und des Durchschnitts umgesetzt. Hiermit können die verschiedenen Algorithmen für die Durchschnittsberechnung und Fehlererkennung an exemplarischen Annotationsszenarien getestet werden.

5 Schlussfolgerung

Die Simulation des Annotationsverhaltens von Benutzern zeigte, dass die Stimmung und Erfahrung des Benutzers maßgeblich die Einschätzung und Bewertungen einer Situation beeinflussen. Die vorgestellten Verfahren für die Durchschnittsberechnung und Fehlererkennung wurden mit verschiedenen Annotationssammlungen getestet. Es kann zusammengefasst werden, dass fehlerhafte Annotationen korrekt erkannt wurden und die fehlerminimierte gewichtete Durchschnittsberechnung geeignet ist, um einen aktuellen und korrekten Durchschnittswert zu berechnen. Die Verbesserung der Qualität von annotierten geographischen Informationen durch die Benutzer eines Navigationssystems scheint dadurch gewährleistet werden zu können. In zukünftigen Arbeiten bleibt zu klären, welche genauen Anforderungen die Benutzer an Annotationen haben, die neben den in dieser Arbeit verwendeten Strecken und Teilstrecken einzelne points of interest betreffen oder auch Plätze bzw. die im modernen Stadtbild typischen Umsteigebauwerke, die teils ober- oder unterirdisch eine Vielzahl von spezifischen Barrieren enthalten können.

Literatur

- [1] Qi, Z., Baoming, H. and Dewei, L. Modeling and simulation of passenger alighting and boarding movement in Beijing metro stations. *Transportation Research*. Amsterdam : Elsevier. 2008. S. 635-649.
- [2] Völkel, Thorsten and Weber, Gerhard. RouteCheckr: personalized multicriteria routing for mobility impaired pedestrians. *Proceedings of the 10th international ACM SIGACCESS conference on Computer and accessibility*. New York : ACM. 2008. S. 185-192.
- [3] Thimbleby, H, Chains, P and Jones, M. Usability Analysis with Markov Models. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*. 2001. Vol. 8(2). S. 99–132.
- [4] Lerner, Alon, et al. Fitting Behaviors to Pedestrian Simulation. *Eurographics/ ACM SIGGRAPH Symposium on Computer Animation*. 2009. S. 199-208.
- [5] Pradipta Biswas, Peter Robinson. Evaluating the design of inclusive interfaces by simulation. *IUI '10: Proceeding of the 14th international conference on Intelligent user interfaces*. ACM : New York. 2010. S. 277-280.
- [6] Huolyoak, K. J. and Morrision, R. G. *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. New York : Cambridge University Press, 2007. Seite 2.
- [7] Goldstein, B. E. *Sensation and Perception*. Pacific Groove (USA) : Wadsworth Publishing Company. 2002.

- [8] Werth, L. and Mayer, J. Sozialpsychologie. Berlin Heidelberg : Spektrum, Akademischer Verlag. 2008.
- [9] Funke, J, and Frensch, P. A. Handbuch der Allgemeinen Psychologie - Kognition. Göttingen : Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG. 2006.
- [10] Völkel, Thorsten, Kühn, Romina and Weber, Gerhard. Mobility Impaired Pedestrians Are Not Cars. [book auth.] K. Miesenberger et. al. International Conference on Computers Helping People with Special Needs (ICCHP 2008). Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2008. S. 1085-1092.
- [11] Kühn, Romina. Wizard-of-Oz-basierte Evaluation eines Systems zur multimodalen Annotation geographischer Daten. Dresden : Technische Universität Dresden, 2009.
- [12] Völkel, Thorsten. Multimodale Annotation geographischer Daten zur personalisierten Fußgängernavigation. Technische Universität Dresden . Dissertation. 2009.
- [13] Parnas, David Lorge. One the use of transition diagrams in the design of a user interface for an interactive computer system. ACM Annual Conference. New York : ACM, 1969. S. 379-385.