

Sammendrag

Simuleringsverktøy for planlegging og utforming av sikre gatekryss for gående og syklende

TØI rapport 1391/2015

Forfattere: Tanu Priya Uteng (TØI) and David Taylor (Movement Strategies)

Oslo 2015 55 sider

Det norske samfunnet møter komplekse utfordringer når det gjelder balansegangen mellom redusert bilbruk og økende bruk av bærekraftige transportmidler som kollektivtrafikk, sykling og gange. Trafikksikkerhet er en underliggende fellesnevner når det er snakk om veksttrender. Derfor er det behov for å trekke frem sikkerhet som en av de viktigste byggesteiner for balansert fremtidig vekst. Trafikksikkerhet forutsetter en langsiktig strategi som legger til rette for at infrastruktur kan imøtekomme de behovene transportbrukere har i framtiden. Denne rapporten gir et systematisk perspektiv på sammenhenger som antas å være viktige i forhold til informerte fremtidige beslutninger rundt modellering av gatekryss i byer og tettsteder.

Design av fotgjengermodeller

Et hovedpoeng er at fotgjengermodeller fundamentalt skiller seg fra kjøretøymodeller. Veitrafikk kan defineres som et frittstående system med forhåndsbestemte atferder, som er utformet av et system av lenker med bestemte regler. Fotgjengere er frigjort fra disse forhåndsbestemte atferdene; bevegelsen er ”fri”. Simuleringsmodeller for fotgjengere baserer seg derfor på hele det tilgjengelige området man kan bevege seg innenfor. Dette inkluderer startpunkt, slutt punkt og forskjellig atferd definert ved relevante deler av det totale området.

Fotgjengeres ”ønskelinje” for bevegelse må modelleres nøyaktig. I tillegg må grunnleggende aspekter ved området, som komfortabel og trygg fotgjengerbevegelse langs fortauer og venting på å få krysse veien, testes. Det samme gjelder for eventuelle forsinkelser og ventetid. Måling av gangtid, ventetid, telling, bruken av rom og folketetthet per m² er output som er felles for alle simuleringsmodeller. Disse målingene ligger til grunn for viktige beregninger i vurderingen av fotgjengeres opplevelse ved veikryss. Videoopptak, kombinert med mikrosimulerings-modeller for biler hvor det er relevant, kan være gode verktøy for å demonstrere forventede utfall samt fordeler og ulemper ved alternative løsninger for et vidt spekter av interessenter.

Social force modell

Denne modellen baserer seg på fotgjengeres primære formål – å komme seg fra A til B med en viss hastighet. Dette formålet påvirkes av fysiske og sosiale faktorer; agenter (dvs. mennesker) vil respondere på ”motvirkende” krefter som et resultat av fysiske objekters begrensninger (vegger og andre hindringer) og tilstedeværelsen av andre agenter.

Modellen lyktes i å gjenskape virkelighetens atferd som for eksempel dannelse av motgående baner/felt (med en viss folketetthet) og ”sjokkbølger” som forplanter seg i folkemengder ved smale åpninger og lignende situasjoner.

Legion/ 'OMCA' modell

Denne modellen er utviklet av Keith Still (Still, 2000) og danner grunnlaget for verktøyet *Legion*. Premisset her er at det er mulig å oppnå resultater av samme kvalitet med en enklere matematisk tilnærming enn ved Social Force Modellen. Grunnlaget for denne modellen baserer seg på fire viktige atferdsregler beskrevet i detalj av Stills (2000);

- *Objective*: Å forsøke å bevege seg mot det ønskelige eller intenderte målet
- *Motility*: Å forsøke å opprettholde optimal hastighet
- *Constraint*: Å forsøke å opprettholde så liten distanse som mulig mellom deg selv og de andre objektene i miljøet
- *Assimilation*: Forsinkelser som oppstår når man leser og reagerer på miljøet

Adferdsbasert heuristisk (Behavioural heuristics) modell

Den kognitive forskningstilnærmingen som Moussaïd et al (2011) forfekter har i senere tid, i likhet med Legion modellen, ønsket å forenkle det matematiske grunnlaget for bevegelsesmodellen. Nærmere bestemt har en modell basert på avstanden mellom hindring i agentens synsfelt og som bruker to enkle heuristikker (enkle kognitive prosedyrer og raske beslutninger) blitt foreslått.

Sykkel (og kjøretøy) modellering

De tre hovedelementene ved mikrosimulering av biler - som også delvis gjelder sykkelmodellering - er som følger;

- Car-following modeller beskriver samhandlingen mellom et kjøretøy og kjøretøyet foran
- Modeller som illustrerer skifte av kjørefelt beskriver timing og hastverket ved kjørefeltskifte
- Gap-acceptance modeller avgjør timing og sikkerhet ved bevegelse i veikryss.

Algoritmene som utfører disse funksjonene varierer ut i fra programvareverktøyet som brukes og har forskjellige styrker og svakheter i forskjellige kontekster – men de overordnede konseptene er like.

Utvikling av sykkel-modeller

En viktig distinksjon når det gjelder syklist er bredden og den mye mer komplekse kjørefeltatferden. Generelt sett beveger derfor utviklingen av sykkel-modeller seg fra en forenklet tilknytning til kjørefelt, som er tilpasset motoriserte kjøretøy, til en mer avansert modell for "sidelengs" bevegelse, som er mer tilpasset syklist (og syklisters interaksjon med biler). Når dette kombineres med evnen til å modellere tildelte sykkelfelt burde det danne grunnlaget for modellering av de fleste tenkelige sykkelruter. Dette er et stort steg i utviklingen av sykkelmodeller i og med at de tidligere modellene anså sykkelmodellering som ubetydelig og utelukkende baserte det på kjøretøy-modeller. Foreløpig mangler området imidlertid helhet. De ulike verktøyene er på forskjellige utviklingsnivåer. Den generelle utviklingen virker allikevel å bevege seg i retningen av anvendbare tilpasninger til «car-following» modeller som innebærer å muliggjøre relativt sofistikert og nøyaktig

modellering av syklistene. PTV Group er for tiden spesielt sterk på dette området - delvis som et resultat av utviklingen av prosjekt i København.

Viktige hensyn ved design av veikryss

Simulering av veikryss-design med fokus på fotgjengere og syklistene – både for å få plass til en høy andel av disse brukerne og for å forsørge optimale og sikre rutevalg – stiller krav til modellerings-verktøyet sine forskjellige egenskaper. En sammenfatning av hovedhensyn er gitt nedenfor, og brukes som grunnlag for vurdering og sammenligning av programvare-verktøy.

Hensynene nedenfor er supplert med en kort oversikt over noen trender i USA, Nederland og Storbritannia – med særskilt fokus på sykkelbruk, som uten tvil er den minst forståtte trafikantgruppen.

Hovedhensyn for programvareverktøy

Generelt

- *Modellvalidering:* Teknisk- og virkelighetsvalidering av modell-output for å sikre output som er en troverdig representasjon for den modellerte situasjonen, og som derfor har potensiale til å forme et nøyaktig beslutningsgrunnlag (inkluderer anvendbarhet til fotgjengere, syklistene og kjøretøy).
- *Fullstendig integrert samhandling mellom transportmidler:* Utveksling av data om posisjon og fart mellom fotgjengere, syklistene og kjøretøy ved hvert tidstrinn.
- *Integrering med signaltiming-verktøy:* Evnen til å optimalisere signaltiming er avgjørende – både gjennom faste og kjøretøy-aktiverede timerer så vel som LISA+, RBC, SCATS, SCOOT, Siemens VA, VS-PLUS og så videre.
- *Output kvalitet og tydelighet:* Valg av produksjon av høyt nivå og detaljert numeriske og geografiske output som egner seg for, ikke kun teknisk vurdering og konklusjoner, men også kommunikasjon mellom interessenter (For eksempel for gjengivelse i 3D).
- *Kostnad:* Indikativ kostnad for programvareverktøy når det gjelder lisens og opplæring sammen med bred forståelse av modellerings-tid/kostnad.

Syklistene

- *Veiposisjon og forbikjøring:* Evnen til å modellere kjøretøy ved å bruke veirommet ”fritt” (ikke begrenset til ett kjøretøy per felt) for å muliggjøre realistisk modellering av syklistene og dermed potensialet til å ha en passende innvirkning på veikryssets oppsett/geometri i designprosessen. Inkludere samhandling mellom syklistene og andre veibrukere for eksempel en bil og en sykkel som deler felt, og for å tilegne sykkelstier.
- *Klassifisering av hastighet og akselerering:* Evnen til å ta hensyn til hele spekteret av karakteristikk knyttet til forskjellige typer syklisters hastighet og akselerasjon i forhold til stigningsgrad.
- *Håndtering av hinder:* Evnen til å ta hensyn til hinder som kan ha direkte innvirkning på sykkelatferd og konsekvenser av det å møte på hinder for eksempel innsnevring av ruten og bussholdeplasser.

- *Atferd ved trafikk-signaler:* Evne til å simulere venteatferd ved `forward stop zones`; inngrep på gangfelt²; bruk av sykkel-spesifikke signaltiminger og overtramp ved rødt lys, spesielt ved høyresvinger.

Fotgjengere

- *Rutevalg og fleksibilitet:* Kombinasjon av det modellerte korteste rutevalg og pålagt navigeringsrute nødvendig for å oppnå tilstrekkelig kontroll når det gjelder effektiv modellering av fotgjengeres miljø.
- *Realistisk fotgjengermodell:* Passende matematisk grunnlag for å gjenskape fotgjengeratferd når det gjelder individuell bevegelse og folkemengders bevegelse.
- *Konfliktområder:* Evnen til å definere konfliktområder mellom fotgjengere og kjørende, og å inkludere veikryssmodellering på andre steder enn ved formelt markerte veikryss. Flexibilitet er nødvendig for å garantere at dette reflekterer virkelighetens `ønske-linjer` for fotgjengere. Dette inkluderer planlagte ordninger som for eksempel utvidede midtdelere.
- *Atferd ved kryssing av vei:* Evnen til å modellere realistisk atferd når det gjelder fotgjengeres kryssvalg som aksept av avstand, forkjørsrett, og kjøretøy-responser.
- *Respons ved trafikk-signaler:* Kontroll over hvorvidt fotgjengere følger signaltiming og eventuell `rågjengeri`.

Oversikt over simuleringsverktøy for modellering

Et kort sammendrag av relevante simuleringsverktøy er gitt nedenfor for å belyse potensielle fremtidige utviklinger. Verktøy med størst potensiale blir identifisert og konkret vurdert opp mot de viktigste hensynene beskrevet foran.

Informasjonen som gis her er basert på en kombinasjon av informasjon fra leverandører, bruk av prøveversjoner og gjennomgang av relevant materiale som annen forskning og andre prosjekter som er offentlig tilgjengelig og som har brukt et spesifikt verktøy.

Paramics/UAF

Sammendrag: Mikrosimulerings-verktøy og kjøretøymodell med sofistikert fotgjenger-modul (`Urban Analytics Framework` eller UAF) som muliggjør fullstendig interaksjon mellom kjøretøy og agenter. Legg merke til at to `versjoner` av Paramics-programvaren eksisterer, de stammer fra samme originale programvare – en eies av Quadstone Paramics/Pitney Bowes og den andre av SIAS. Ettersom UAF er inkludert i Quadstone produktet, er det denne versjonen av programverktøyet som vurderes her.

² Inngrep på gangfelt betyr at sykler blokkerer gangfelt (noe som de i utgangspunktet ikke skal gjøre, men enkelte ganger likevel utnytter).

Viktige fordeler

- Autodesk og GIS-integrering.
- Velprøvd mikrosimulerings-modell for kjøretøy.
- Høy kvalitet på fotgjengermodulen.

Viktige begrensninger

- Sykler modelleres kun som et kjøretøy på lik linje med motoriserte kjøretøy; mangel på detaljert bevegelse innenfor kjørefelt og relaterte atferds-karakteristikker. Ingen informasjon om planlagt utvikling når det gjelder modellering av sidelengs bevegelse.

InControl Pedestrian Dynamics

Sammendrag: Sofistikert simulerings-verktøy for fotgjengere, men mangler foreløpig integrering med mikrosimulerings-verktøy for kjøretøy.

Viktige fordeler:

- Sofistikert fotgjengersimulering med dynamisk rutevalg basert på fotgjenger-forhold.

Viktige begrensninger:

- Foreløpig ikke integrert med simuleringsverktøy for kjøretøy.

Aimsun/Legion

Sammendrag: Velutprøvd mikrosimulerings-modell fra TSS, sammenkoblet med fotgjengersimulerings-modul som bruker Legion.

Viktige fordeler

- Rask og velutprøvd mikrosimulerings-modell for kjøretøy.
- Evne til å bygge hybridsimulering av kjøretøy – mesoskopisk modell av et større område, mikrosimulering av mindre områder av interesse
- Høy kvalitet på fotgjengermodulen.
- Integrert modell: muliggjør vurdering av interaksjon mellom kjøretøy og fotgjengere.

Viktige begrensninger

- Sykler er foreløpig ikke modellert med sidelengs bevegelse, men dette er under utvikling.
- Ikke tilgjengelig på norsk (engelskspråklig).

Vissim/Viswalk

Sammendrag: Etablert mikrosimulerings-modell for kjøretøy.

Viktige fordeler

- Alt-i-ett løsning for å modellere kjøretøy, syklist og fotgjengere.
- Syklistmodellert med sidelengs bevegelse. Generelt høyt nivå på utviklingen av hvordan modellen oppfører seg når syklist blir simulert, inkludert erfaringer fra nylige utviklingsprosjekter i København. Parametersettinger er identifisert selv om det kanskje vil være behov for forskning/revisjon for å tilrettelegge for norske forhold.
- Forbedret fotgjengermodul som muliggjør kontrollerbar og kompleks algoritmisk basis.
- Potensial for å modellere detaljerte scenarier som tar hensyn til komplekse atferder når det gjelder både syklist og fotgjenger.
- PTV Group, som utvikle modellene, har et godt rykte når det kommer til innovasjon og forskning, for eksempel Kretz, 2014.

Viktige begrensninger

- Fotgjengermodulen er fremdeles matematisk kompleks, men en kompetent utøver burde være i stand til å produsere pålitelige resultater.

Commuter/ InfraWorks 360 Traffic

Sammendrag: Innovativt alt-i-ett-løsning som behandler personreiser som hovedgrunnlag for analyse i stedet for å være styrt av transportmiddel.

Viktige fordeler

- Innehar potensialet til å være et sofistikert multimodus-verktøy. Inkluderer dynamisk modusvalg og 'lagdeling' av gangstier/veier/veikryss for å tilrettelegge for kompleks atferd og prioriteter ved veikryss.
- Modellering av kjøretøy og sykler som ikke innebærer kjørefelt – tilrettelegger for forbikjøring der det er tilstrekkelig med plass inkluderer for eksempel sykler som kjører forbi busser som har stoppet.
- Innehar potensiale til å innlemme kollektivtrafikks innvirkning på design av veikryss.

Viktige begrensninger

- Foreløpig, som følger av overtagelse av Autodesk, i betatesting-fasen; gjennomgår integrering inn i InfraWorks-verktøyet.
- Slipplanen er enda ikke offentliggjort.

MassMotion

Sammendrag: Sofistikert 3D-simuleringsverktøy for fotgjengere, men mangler foreløpig integrering med mikrosimulerings-verktøy for kjøretøy.

Viktige fordeler

- Avansert kontroll over fotgjengertyper med unike `agendaer` underveis.
- Selvstyrende valg av agents rute.
- Evne til å planlegge agents `visuelle linje`, demonstrering av synsfeltet mens agenten går.

Viktige begrensninger

- Foreløpig ikke integrert med simuleringsverktøy for kjøretøy.
- Krever Autodesk Softimage.

Massive Insight

Sammendrag: Avansert simuleringsverktøy basert på `kunstig intelligens`.

Viktige fordeler

- Innehar potensialet til å implementere forskjellige typer matematiske modeller fra mer vanlige kjøretøy- og fotgjengermodeller.

Viktige begrensninger

- Foreløpig ikke tilgjengelig for kommersiell bruk. Utviklingen har tilsynelatende stagnert etter beta-testingen i 2009.

Vurdering av programvare i nærmere detalj

Følgende verktøy er ytterligere vurdert - på grunnlag av markedstilstanden i skrivende stund:

- *Aimsun/Legion*
- *Vissim/Viswalk*
- *Commuter/InfraWorks 360 Traffic*

Konklusjon og anbefalinger

Mye har skjedd i løpet av kort tid de seneste årene når det gjelder utviklingen av mikrosimulerings-verktøy, komplekse multimodemiljøer har blitt modellert. Velprofilerte prosjekter som Oxford Circus i London har, sammen med dybdestudier som sykkelmodellerings-studien i København, vist at det er mulig å vurdere komplisert veikryssdesign for alle veibrukere.

Når det er sagt, er det fortsatt utfordringer når det kommer til raffinering av enkelte modellfunksjoner og atferd spesielt når det gjelder syklister, ettersom disse utviklingene er nye og pågående. Selv om de alle beveger seg i samme retning, er ikke alle utviklere på samme utviklingsstadium.

Anbefalingene nedenfor er derfor presentert ut i fra vår beste forståelse av både nåværende og fremtidige utvikling av programvaremarkedet. Vi forventer at disse kan ha innvirkning på det programvarevalget som passer best – avhengig av de nøyaktige krav og tidsskala for kommende prosjekter.

Anbefalinger: Valg av programvareverktøy

Basert på vår forståelse av krav, trender i veikryssdesign for fotgjengere og syklister, og gjennomgang av simuleringsverktøyene presentert i denne rapporten kan vi anbefale tre programvareverktøy. De er rangert her etter funksjonalitet. Merk at ut i fra vår forståelse for utviklingsprioriteter når det gjelder utviklere av programvareverktøy, kan disse programvareverktøyenes verdi forandre seg vesentlig i løpet av de neste 12 månedene.

1. Vissim/Viswalk (PTV)

- Utmerket integrering av motoriserte kjøretøy, syklister og fotgjengere. Muliggjør testing av egenskaper som sykkelstier/felt; signaltiming, inkludert ”green scramble” og ”green waves”; forward stop zones, inkludert midtstilte sykkelfelt; innsnevrende felt; og et utvalg av atferd knyttet til prioritet og aksept av mellomrom når det gjelder kjøretøy, syklister og fotgjengere.
- Den mest velutviklede sykkelmodellen, inkluderer sidelengs bevegelse og de erfaringene fra København.

2. Aimsun/Legion (TSS)

- Foreløpig nesten like god som Vissim/Viswalk, men den mangler sidelengs bevegelse når det kommer til sykkelmodellering. Noe mer kompleks integrering av kjøretøy og fotgjengere grunnet samarbeid mellom forskjellige bedrifter.
- Får antakeligvis utviklet sidelengs bevegelse i løpet av 2016 baserer seg på et større, mer spesifikt og finansiert prosjekt og kan fort bli en enda større konkurrent til Vissim/Viswalk.
- Potensielt effektivt fordi Aimsun allerede brukes av Statens vegvesen og flere kommuner i Norge.

3. Commuter/InfraWorks (Autodesk)

- Foreløpig ikke tilgjengelig for kommersiell bruk.
- Sett bort i fra dette, er den i utgangspunktet multi-modal og hadde antakeligvis kunnet tilby størst fleksibilitet av de tre anbefalte verktøyene.
- Tidlige tegn på konflikt mellom kjøretøy, syklister og fotgjengere implementeres bedre i dette verktøyet.
- Integreringspotensiale med Autocad CAD og BIM verktøy.
- Uttestet og velfungerende i tidligere prosjekter, men er foreløpig ikke tilgjengelig for integrering med InfraWorks.