

Rutenettet er ankret til spørningen, ikke til verden: startpunktsensitivitet i mobil ruteplanlegging for skjærgård

Ola Jacob Mjøen Iversen

Fellag AS (BoatNav), Kongsberg, Norge · olajacob@fellag.as

BoatNav Research Note 2026-02 · versjon 1.2, 30. juli 2026 · preprint — ikke fagfelleurdert

Abstract. We report a pre-registered perturbation study of a grid-based A^* route planner for recreational craft, run over a frozen 273-instance benchmark drawn from Norwegian chart data. Each instance was solved 17 times: once at its nominal start point and once for each of eight compass directions at radii of 0.5 m and 5 m — displacements at or below the accuracy of the GNSS fix that produced the start point. **7.5 % of delivered routes changed**, and the sensitivity saturates immediately: 6.6 % at 0.5 m, only 8.4 % at a tenfold larger step. The effect is concentrated in confined water by two orders of magnitude (24.8–25.8 % for fjord and inner-archipelago instances under 5 nm, against ≤ 0.6 % for every band above 30 nm), one instance flips *route found* to *no route*, and an instance corresponding to a route the authors actually navigated changed in 16 of 16 perturbations. Geometry-aware post-simplification *absorbs* rather than amplifies upstream divergence (11.8 % of raw lattice paths changed against 7.5 % of delivered routes). We identify the mechanism: because the lattice bounding box is derived from the query endpoints, a sub-cell displacement of the start translates every cell centre, re-registering the whole lattice against fixed obstacle geometry. Cell size was invariant in all 273 instances and lattice dimensions in 251, so translation — not resolution or extent — is the operative change; route instability is non-monotone in free-cell fraction with an interior maximum, the signature of obstacle-boundary density as the driver. The mechanism predicts saturation below the cell scale, and it yields a falsifiable one-line remedy: quantize the lattice origin in a world-fixed frame. We also report two methodological findings: cryptographic hashes are the wrong instrument for measuring geometric displacement (two distinct instances of this error class arose in one study), and a stratified benchmark can systematically under-sample the conditions under which its own quality metric fails.

Keywords: maritime route planning; grid discretization; numerical stability; experimental algorithmics; benchmark validity; pre-registration; mobile computing.

Sammendrag. Vi rapporterer en forhåndsregistrert perturbasjonsstudie av en rutenettbasert A^* -planlegger, kjørt over et frosset korpus på 273 instanser fra norske sjøkartdata. Hver instans ble løst 17 ganger: én gang fra sitt nominelle startpunkt og én gang for hver av åtte kompassretninger med radius 0,5 m og 5 m — forskyvninger på eller under nøyaktigheten til den GNSS-fiksen startpunktet kom fra. **7,5 % av de leverte rutene endret seg**, og følsomheten metter umiddelbart: 6,6 % ved 0,5 m, bare 8,4 % ved et tiganen større skritt. Effekten er konsentrert i trangt farvann med to størrelsesordener, én instans vipper *vei funnet* til *ingen vei*, og en instans som svarer til en rute vi faktisk har navigert endret seg i 16 av 16 perturbasjoner. Etterforenklingen *absorberer* framfor å forsterke. Vi navngir mekanismen: fordi rutenettets boks utledes fra spørningens endepunkter, translaterer en forskyvning under cellestørrelsen hvert cellesenter og re-registrerer hele gitteret mot fast hindringsgeometri. Cellestørrelsen var invariant i alle 273 instanser og gitterdimensjonen i 251, så translasjon — ikke oppløsning eller utstrekning — er den operative endringen. Mekanismen forklarer metningen og gir et falsifiserbart mottiltak på én linje. Vi rapporterer også to metodefunn: kryptografiske hasher er feil instrument for å måle geometrisk forflytning, og et stratifisert korpus kan systematisk underrepresentere de forholdene der dets eget kvalitetsmål svikter.

1 Innledning

Et ruteforslag til en fritidsbåt er *rådgivende*. Skipperen skal lese ruta, forstå hvorfor hvert knekkpunkt ligger der det ligger, justere den for hånd, og deretter styre etter den [2]. Dette stiller et krav som sjelden formuleres eksplisitt i planleggingslitteraturen: forslaget må være *reproduserbart*. To spørninger som for brukeren er den samme spørningen, må gi det samme svaret. Ellers kan skipperen ikke danne seg en modell av hva systemet gjør, og et system man ikke kan modellere, kan man ikke kalibrere sin tillit til.

Denne artikkelen viser at kravet ikke er oppfylt i vår egen prototyp, kvantifiserer bruddet, og navngir mekanismen.

Utgangspunktet er en observasjon fra felt. Startpunktet i en dock-to-dock-spørning kommer fra en GNSS-fiks, og fiksen bærer en usikkerhet vi har målt til median $\pm 4,8$ m på testfartøyet [2]. Skipperen som trykker «rute hit» to ganger

fra samme kaiplass sender dermed to forskjellige startpunkter, adskilt av noen meter, uten å ha flyttet seg. Spørsmålet er hva planleggeren gjør med det.

Svaret er ikke opplagt *a priori*. A^* på et rutenett er en deterministisk funksjon av sitt inndata, så to identiske spørninger gir identisk svar — det er verifisert (§2). Men funksjonen er ikke *kontinuerlig* i startpunktet, og hvor stor diskontinuiteten er, er et empirisk spørsmål. Man kunne håpe at effekten var lokal: startpunktet snappes til nærmeste celle, og bare de første leggene påvirkes. Vi viser at den ikke er lokal, og forklarer hvorfor.

1.1 Bidrag

1. En forhåndsregistrert perturbasjonsstudie over 4 641 kjøringer som kvantifiserer startpunktsensitivitet stratifisert på farvann og strekningslengde (§3).

- Identifikasjon av mekanismen — *spøringsankret diskretisering* — med empirisk utelukkelse av de to nærliggende alternativforklaringene (§4).
- Et forhåndsregistrert, falsifiserbart mottiltak med kvantitativ prediksjon (§5).
- To metodefunn av overførbar art: hash som feil instrument for geometrisk avstand, og et stratifisert korpus som underrepresenterer forholdene der dets eget kvalitetsmål svikter (§6).

2 Metode

Studien er en av fem arbeidspakker i et forhåndsregistrert designscience-opplegg [3, 5]. Designet — antall offsets, radier, hvilke felt som sammenliknes, og hva som er forbudt — ble registrert før kjøring, i tråd med anbefalingene for eksperimentell algoritmikk [4, 6].

2.1 Systemet under måling

Planleggeren, frosset som *k0-baseline*, gjør tre ting. Den bygger et uniformt boolsk rutenett over et utsnitt av sjøkartet, med 40 m celler og et tak på 60 000 celler. En celle sperres når senteret eller et hjørne ligger i land, tørrfall eller grunt område, eller når en punktfare ligger nærmere enn halve cellediagonalen — en bevisst konservativ regel, siden feilene er asymmetriske [2]. Deretter kjøres A^* med åtte-*etabollag* og luftlinje som heuristikk [9]. Til slutt forenkles stien grådig med eksakte segment-mot-polygon-tester, slik at ruta får få nok knekkpunkter til å kunne leses og redigeres av et menneske [8, 1].

Celler utenfor det leste kartområdet er *sperret*, ikke frie. Fravær av data behandles altså som fare, ikke som åpent vann.

2.2 Korpus og perturbasjon

Korpuset er 273 instanser trukket stratifisert på farvannstype (fjord, indre skjærgård, åpen kyst) $\times$ strekningslengde (< 5 nm, 5–30 nm, > 30 nm), pluss tre forankringsinstanser der minst én er en faktisk navigert rute. Korpuset er frosset med kryptografisk identitet, og det samme er sjøkartutsnittet: mellom to hentinger tre dager fra hverandre oppdaterte kartverket seks flisnøkler stille, uten versjon eller dato, hvilket flyttet fem rader i baselinen [2]. En baseline fire faser skal måles mot kan ikke ha en inndata som endrer seg uten å si fra.

Hver instans løses 17 ganger: senter, pluss åtte kompassretninger $\times$ to radier $\{0,5; 5\}$ m. Bare startpunktet perturberes; målet står. Offsettene er deterministiske i en lokal ekvirektangulær ramme — ingen tilfeldighetsgenerator, slik at kjøringen er bit-reproduserbar. Flisutvalget fryses per instans, så alle 17 kjøringer leser nøyaktig samme kart.

Radiene er valgt mot den målte GNSS-usikkerheten. 0,5 m er en størrelsesorden *under* den; 5 m ligger omtrent på medianen. Begge er langt under cellestørrelsen på 40 m — et poeng som blir avgjørende i §4.

Tabell 1: Hovedtall over 4 368 perturberte kjøringer. «Vaklet» er ruteendring under 40 m, altså under én cellebredde; «annen vei» er alt over. Rå sti er A^* -stien før etterforenkling.

	antall	andel
Levert rute uendret	4 040	92,5 %
vaklet (< 40 m)	147	3,4 %
valgte annen vei	181	4,1 %
Rå A^* -sti endret	517	11,8 %
endret rute, identisk sti	17	0,4 %
Statusvipp <i>vei</i> $\rightarrow$ <i>ingen vei</i>	4	0,1 %

2.3 Porter

To porter gjør resultatet etterprøvbart. *Flisporten* nekter å kjøre hvis kartsnapshotets manifest avviker. *Senterporten* krever at senterkjøringen er bit-identisk med den frosne baselinen per instans, på tretten kjernefelt; avvik stopper kjøringen. Porten er en intern kontroll av at perturbasjons-harnessen ikke selv har endret systemet under måling.

Begge portene, begge artefakthashe, alle hovedtall og hele stratumtabellen er reproduisert uavhengig fra artefaktet, ikke lest fra rapporten. Senterporten ble kontrollert på nytt mot baselinen: 273 av 273 instanser, tretten felt, **null avvik**. Ett avvik ble funnet i verifikasjonen og er behandlet i §6.1.

3 Resultater

3.1 Følsomheten metter under cellestørrelsen

7,5 % av de leverte rutene endret seg (tabell 1). Fordelt på radius:

radius	<i>n</i>	rute endret
0,5 m	2 184	6,6 %
5 m	2 184	8,4 %

Dette er studiens mest informative tall. En *tigangen* større forskyvning legger til under to prosentpoeng. Følsomheten er altså ikke en gradvis funksjon av forskyvningen — den er praktisk talt mettet allerede ved en halv meter. Enhver forklaring som gjør effekten proporsjonal med forskyvningen, er utelukket av dette tallet alene.

3.2 Etterforenklingen absorberer

11,8 % av de rå stiene endret seg, mot 7,5 % av de leverte rutene. Den grådige forenklingen *demper* altså oppstrøms divergens framfor å forsterke den. Det er motsatt av den nærliggende intuisjonen om at en grådig etterbehandling ville forsterke små forskjeller: når to stier skiller seg med én celle et sted i en rett strekning, kollapser forenklingen ofte begge til samme knekkpunktstrekke. Bare 17 kjøringer (0,4 %) viser motsatt mønster — identisk sti, ulik rute — og det er den eneste kanalen der forenklingen selv kan innføre ustabilitet.

Innen samme instans er rutelengden nesten uendret: median spredning 0,005 nm, p90 0,006 nm. Ustabiliteten er altså ikke et *kostnadsproblem*; de alternative rutene er omtrent like lange. Det er et *valgproblem* mellom nær-

Tabell 2: Andel kjøring med endret levert rute og endret rå sti, per stratum. $n = 480$ per celle, 48 for forankringsgruppa.

stratum	rute	sti	vipp
forankring	62,5 %	62,5 %	0
fjord < 5 nm	25,8 %	31,7 %	0
indre skjærgård < 5 nm	24,8 %	42,9 %	4
åpen kyst < 5 nm	4,0 %	20,0 %	0
indre skjærgård 5–30 nm	3,8 %	3,3 %	0
fjord 5–30 nm	1,9 %	0,6 %	0
åpen kyst 5–30 nm	0,8 %	2,5 %	0
åpen kyst > 30 nm	0,6 %	2,1 %	0
fjord > 30 nm	0,4 %	0,2 %	0
indre skjærgård > 30 nm	0,0 %	0,0 %	0

likeverdige alternativer — og maksimalt punktavvik ved uendret knekkpunktall er 2 227 m, så «omtrent like lang» kan bety «to km unna».

3.3 Konsentrert i trangt farvann

Tabell 2 viser to størrelsesordener mellom trangt og åpent farvann. Alle tre lange bånd ligger på eller under 0,6 %; begge de korte trange båndene ligger over 24 %.

Merk at forholdet mellom sti og rute snur mellom strataene. I indre skjærgård < 5 nm endres stien i 42,9 % men ruta i 24,8 %: forenklingen absorberer nesten halvparten. I åpen kyst < 5 nm er tallene 20,0 % og 4,0 % — der absorberer den fire femdel. Jo færre hindringer å styre unna, jo mer frihet har forenklingen til å kollapse ulike stier til samme rute.

3.4 To enkeltinstanser som bærer poenget

Statusvippet. Instansen ISK-L1-002 vipper fra *vei funnet* til *ingen vei* i 4 av 16 perturbasjoner. For brukeren er dette ikke en ustabil rute — det er en app som noen ganger sier «jeg finner ingen vei» fra samme kaiplass. Det er den alvorligste enkeltmanifestasjonen, fordi den ikke kan skjules bak en hysteresis i visningen.

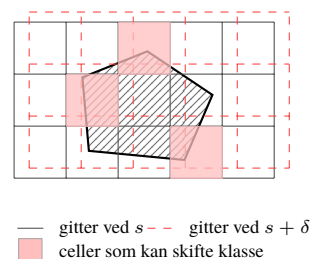
Den navigerte ruta. Forankringsgruppas 62,5 % er et gjennomsnitt som skjuler en todeling, og todelingen følger lengde:

instans	kilde	luftlinje	sti endret
FORANK-001	forankring	0,278 nm	14 / 16
FORANK-003	felttest	1,226 nm	16 / 16
FORANK-002	forankring	8,432 nm	0 / 16

FORANK-003 er en rute som faktisk er navigert med fartøy. Den endrer søkeresultat i *hver eneste* av seksten perturbasjoner under GNSS-nøyaktighet. Den 8,4 nm lange instansen i samme gruppe er fullstendig stabil. Det er ikke en egenskap ved å være forankringsinstans; det er lengdebåndmønsteret fra tabell 2 igjen, på tre instanser.

4 Mekanismen

La gitteret være $L(o, h)$ med origo o og celleavstand h , og la C_L : celle $\rightarrow$ {fri, sperret} være klassifiseringen mot



Figur 1: Spøringsankret diskretisering. Hindringen ligger fast i verden. Fordi gitterets boks utledes fra spøringsens endepunkter, flytter en forskyvning δ av startpunktet *hvert* cellesenter med δ . Celler hvis hjørne- eller senterprøve ligger innenfor δ av en hindringsgrense, kan skifte klasse — overalt i utsnittet, ikke bare nær startpunktet.

fast hindringsgeometri. Planleggeren utleder boksen — og dermed o — fra spøringsens endepunkter: $o = f(s, m)$. Følgelig er

$$C_{L(f(s,m),h)} \text{ en funksjon av } s.$$

En forskyvning $s \mapsto s + \delta$ med $|\delta| \ll h$ endrer ikke h , men translaterer o med om lag δ . Da flytter *samtlig* cellesentre og cellehjørner seg med δ , og enhver celle hvis prøvepunkt ligger innenfor δ av en hindringsgrense kan skifte klasse — i hele utsnittet, ikke bare nær s (figur 1).

Dette er *re-registrering* av gitteret mot verden, ikke en lokal snapping av startcella. Tre observasjoner følger, og alle tre er de vi måler.

Metning under cellestørrelsen. Mengden celler som kan skifte klasse vokser med $|\delta|$ bare så lenge $|\delta| \lesssim h$; utover det er gitteret ikke «mer» re-registrert, bare annerledes registrert. Både 0,5 m og 5 m er $\ll 40$ m, så begge gir tilnærmet full re-registrering. Det forklarer 6,6 % mot 8,4 %.

Konsentrasjon i trangt farvann. Antall celler som kan skifte klasse skalerer med den totale *hindringsgrenselengden* i korridoren, ikke med hindringenes areal. Per rutekilometer er grenselengden i skjærgård størrelsesordener høyere enn i åpen kyst. Det forklarer tabell 2.

Ikke-monotoni i fri celleandel. Er grensetetthet driveren, skal effekten være lav både når nesten alt er fritt (få grenser) og når nesten alt er sperret (få frie celler å velge mellom), med et maksimum imellom. Målt: ruteendring 0,6 % ved fri andel 0,1–0,2, 21,5 % ved 0,6–0,7, og 4,7 % ved 0,9–1,0 — ikke-monotont med indre maksimum, som forutsagt. *Forbehold:* fri celleandel er delvis konfundert med korridorens andel av den omsluttende boksen, og er derfor et upresist mål på grensetetthet; formen på sammenhengen er sterkere enn nivåene.

4.1 Alternativforklaringene er utelukket

To nærliggende forklaringer krever ikke re-registrering, og begge er avvist empirisk.

Endret oppløsning. Cellestørrelsen regnes fra det dekkede arealet, så den kunne i prinsippet endres av forskyvningen. **Målt: celleM er invariant i alle 273 instanser** over alle 17 kjøring. Oppløsningen endres ikke.

Endret utstrekning. Boksen kunne bli større eller mindre. **Målt: gitterdimensjonen er invariant i 251 av 273 instanser**, og i de 22 øvrige varierer den med under en halv prosent av celletallet. Utstrekning kan derfor ikke bære en effekt på 7,5 %.

Når verken oppløsning eller utstrekning endres, men ruta gjør det, er den gjenstående endringen gitterets *posisjon*. Det er mekanismen.

5 Et falsifiserbart mottiltak

Mekanismen peker på et mottiltak som er nesten gratis: *ankre gitteret til verden i stedet for til spørningen*. Konkret — kvantiser boksens origo til et multiplum av h i en global ramme, slik at

$$o = h \lfloor f(s, m)/h \rfloor.$$

Dette er ikke en ny idé, men en gjenoppgaget en: et *state lattice* er per konstruksjon definert i en verdensfast ramme [7]. Vår feil var å utlede rammen fra spørningen.

Da er o invariant under enhver forskyvning som ikke krysser en kvantiseringsgrense, og C_L dermed identisk. Det som gjenstår er tilordningen av *startcella* — en lokal effekt nær s , ikke en global re-registrering.

Prediksjonen kan tallfestes. Med $h = 40$ m og $|\delta| = 0,5$ m skifter startcella bare når s ligger innenfor δ av en cellegrense, altså i om lag $2|\delta|/h \approx 2,5$ % av tilfellene per akse. Og en endret startcelle endrer bare ruta når den forplanter seg. Vi forhåndsregistrerer derfor:

H4. Med verdensankret gitterorigo faller andelen endrede leverte ruter ved $|\delta| = 0,5$ m fra 6,6 % til under 2 %, og gitterets klassifisering blir bit-identisk for alle perturbasjoner som ikke flytter startcella.

Hypotesen er falsifiserbar med det harneset som finnes, uten nye data: samme korpus, samme flissnapshot, samme 4 641 kjøring. Slår den til, er en produktfeil som rammer hver fjerde spørning i trangt farvann fjernet av en gulvfunksjon. Slår den ikke til, er mekanismen i §4 feil, og det er like verdifullt å vite.

Vi merker to forbehold. Verdensankring fjerner ikke diskontinuiteten — den flytter den til kvantiseringsgrensene, der den blir sjeldnere men ikke mindre. Og den er ortogonal til, ikke en erstatning for, arbeidet med kostfunksjonen: en stabil diskretisering av et feil priset problem gir stabilt feil ruter.

6 Metodefunn

6.1 Hash er feil instrument for avstand

Studien rapporterte opprinnelig at 100,0 % av rutene endret seg. Det var trivielt sant: rutehashen dekket hele polylinja inkludert startpunktet, som er perturbasjonen. Feilen ble oppdaget og rettet av forfatterne før publisering, og målet erstattet med punktvis avvik med startindeksen utelatt.

Den uavhengige verifikasjonen fant deretter *samme feilklasse en gang til*, i det rettede arbeidet. Studien oppgir at

12,0 % av de rå stiene endret seg; den fysiske terskelen gir 11,8 %. Ni kjøring skiller tallene, og alle ni har identisk stegfall og maksimalt punktavvik som runder til null på centimeternivå — altså under 5 mm — men ulik sti-hash. Årsaken er at hashen ser full flyttallspresisjon: gitterets boks flytter seg umerkelig, celledirektorene med den, og forskjellen er geometrisk uten betydning men kryptografisk synlig.

Avviket er lite og går i konservativ retning. Lærdommen er ikke det. At samme feilklasse oppstod to ganger i én studie, av kompetente utøvere, tyder på at den er strukturell: en hash er et *identitetsmål*, og identitet er ikke avstand. Når spørsmålet er «flyttet geometrien seg?», må terskelen være fysisk. Vi registrerer det som krav for alle senere variantsammenlikninger, og foreslår det som en generell konvensjon i eksperimentell algoritmikk der artefakter fryses med hash: *hash for identitet, metrikk for forflytning — aldri hash for forflytning*.

6.2 Korpuset underrepresenterer sitt eget svake punkt

Blant løsningsmålene er et krav om leggstavstand: ruta skal ikke bestå av så korte legg at en rormann ikke kan handle på dem. Studien rapporterer den første målingen av dette over hele korpuset: median legglengde 9 272 m, p10 350 m, og minste legg under 50 m i bare 25 av 273 instanser. Målet ser oppfylt ut med stor margin.

Men i felt, i trangt farvann, er den samme størrelsen målt til median 57 m med 47 % av leggene under 50 m. De to er ikke i konflikt — det er ulike populasjoner. Konsekvensen er likevel alvorlig, og den gjelder instrumentet, ikke systemet: *korpuset samler nesten ikke de forholdene der målet faktisk svikter*.

Det er verre enn en tilfeldig deknings svakhet, fordi det samvarierer med resultatet i §3. Nettopp i det trange farvannet der leggene blir korte, er ruta minst stabil (24,8–25,8 % mot $\leq 0,6$ %). Et korpus som skal brukes til å tilpasse vektorer i en kostfunksjon, har altså samtidig svakest signal og tynnest dekning der prisingen betyr mest. Vi endrer ikke korpuset — det er frosset, og en omsampling ville gjort alle arbeidspakkene usammenliknbare — men vi registrerer det som gyldighetstrussel, krever rapportering per stratum framfor aggregat, og henter inn et supplerende instrument (§8).

Funnet generaliserer utover vår studie. Et stratifisert korpus balanserer det som er lett å stratifisere på — her farvannstype og lengde — og ikke nødvendigvis det kvalitetsmålene er følsomme for. Vi anbefaler at benchmark-korpus i denne sjangeren rapporterer dekningen av *hvert* måls kritiske område, ikke bare stratumbalansen.

7 Gyldighet og begrensninger

Ett system. Målingene gjelder én planlegger med én diskretisering. Mekanismen i §4 avhenger bare av at gitterets origo utledes fra spørningen, og gjelder derfor enhver implementasjon med den egenskapen — men andelene er våre.

Ett kart. Alt er målt mot ett frosset utsnitt av norske sjøkartdata. Grensetetthet i norsk skjærgård er ekstrem; effekten skal være svakere der kysten er glattere.

Bare startpunktet. Målet står fast i hele studien. Symmetrien i mekanismen tilsier at målperturbasjon gir liknende utfall, men det er ikke målt.

ε mot fasit er ikke beregnet for perturberte kjøring, og det var forhåndsregistrert som forbud: fasitens løfter gjelder eksakte endepunkter.

To prosesspåstander er ikke etterprøvd. Forfatterne rapporterer at to uavhengige fullkjøringer ga null avvikende feltverdier, og at sjekkpunkt-mekanismen er resultatnøytral. Artefaktet inneholder bare siste kjøring, så verifikasjonen kunne ikke kontrollere dette. For at det skal kunne etterprøves senere, må radhashen fra hver kjøring logges.

Uavgjort i A.* Standard A* definerer ikke utfallet ved likt f , så valget faller på køens interne rekkefølge. Vi vurderte om ustabiliteten kunne være et køartefakt framfor et geometrisk fenomen, og avviste det: blant kjøringene med identisk steg tall er medianavviket 0 m, og bare 5,1 % avviker i det hele tatt. Stiene er i det store flertallet identiske, ikke kostnadslike-men-ulike. En kanonisk uavgjortregel er likevel innført som krav, av reproduserbarhetshensyn.

8 Konsekvenser og videre arbeid

For produktet er konklusjonen entydig: problemet ligger i *representasjonen*, ikke i prisingen. En faktisk navigert rute endrer søkeresultat i 16 av 16 perturbasjoner under GNSS-nøyaktighet. Å tilpasse vektorer i en kostfunksjon mot et slikt grunnlag ville måle støy. Verdensankret gitterorigo (§5) prøves derfor før vektarbeidet, og representasjonsstabilitet blir rammen for neste fase.

For metoden peker begge funnene i §6 samme vei: et frosset artefakt med kryptografisk identitet gir etterprøvnbarhet, men identitet er ikke gyldighet. Porten fanger at inndata har endret seg; den sier ingenting om at man måler det rette, eller at korpuset dekker det man vil måle.

Som supplerende instrument mot korpusets deknings-svakhet henter vi inn menneskelig dom om rutekvalitet i trangt farvann — lokalkjente skippere som oppgir hvilken av to farbare ruter de ville valgt, og hvorfor. Avstand til fasit måler geometrisk enighet med et finere rutenett; den kan ikke måle om en sjømann ville valgt ruta.

Tilgjengelighet

Korpus, fasit, karakterbok, perturbasjonsartefakt og sjøkart-manifest er frosset med SHA-256 og oppgitt i artefaktenes hoder: korpus b13a98ec, karakterbok 7acd5b15, flismanifest 9f45be95, perturbasjonsartefakt 749279b8, flisutvalg 8b9e9c93. Sjøkartdata er Kartverkets, tilgjengeliggjort under NLOD.

Erklæringer

Interessekonflikt: Forfatteren eier Fellag AS, som utvikler BoatNav. Artikkelens måler Fellags eget produkt.

KI-assistanse: Arbeidet er utført med gjennomgående assistanse fra Claude (Anthropic) — i analysen, i verifisering og i manuskriptet. Perturbasjonsstudien er implementert og kjørt av ett spor, og reproduert uavhengig av et annet som ikke delte kode med det første. Mekanismen i §5 og mottiltaket i §6 er utledet av verifikasjonsspoet. Alle måletall stammer

fra BoatNav-implementasjonen og de frosne artefaktene. Forfatteren står ansvarlig for innholdet.

Bidragsroller (CRediT): Conceptualization, Methodology, Software, Investigation, Formal analysis, Validation, Visualization og Writing er utført av forfatteren med KI-assistanse som beskrevet over. *Validation* er holdt uavhengig av implementeringen: verifikasjonen reimplemterer kontrollene framfor å gjenbruke dem.

Data og kode: Artefaktene er frosset med SHA-256 (korpus b13a98ec, flismanifest 9f45be95, perturbasjonsartefakt 749279b8) og oppgitt i artefaktenes hoder. Målingene og eksperiment-harnessen planlegges åpnet sammen med resultatartikkelen; inntil da tilgjengelig på forespørsel. Sjøkartdata er Kartverkets, under NLOD.

Ansvarsavgrensning: BoatNav gir veiledende ruteforslag for fritidsbruk og er ikke et godkjent navigasjonshjelpemiddel.

Versjon 1.2 (30. juli 2026): erklæringer om interessekonflikt, KI-assistanse og bidragsroller lagt til etter fagfelleprotokollen.

Versjon 1.1 (30. juli 2026): referanser som sto ubrukt i litteraturlista er knyttet til teksten der innholdet hviler på dem. Ingen påstander, tall eller konklusjoner er endret i noen av versjonene.

Referanser

- [1] E. Arkin, J. S. B. Mitchell og C. Piatko. Bicriteria shortest path problems in the plane. *Proc. 3rd Canadian Conf. on Computational Geometry*, 1991.
- [2] O. J. M. Iversen. Automatisk ruteplanlegging for fritidsbåter i norsk skjærgård: problemkarakterisering, målinger og forskningsagenda. *BoatNav Research Note 2026-01*, Fellag AS, 2026.
- [3] A. Hevner, S. March, J. Park og S. Ram. Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly* 28(1), 2004.
- [4] D. S. Johnson. A Theoretician's Guide to the Experimental Analysis of Algorithms. I *Data Structures, Near Neighbor Searches, and Methodology*, AMS, 2002.
- [5] S. March og G. Smith. Design and natural science research on information technology. *Decision Support Systems* 15(4), 1995.
- [6] C. C. McGeoch. *A Guide to Experimental Algorithmics*. Cambridge University Press, 2012.
- [7] M. Pivtoraiko og A. Kelly. Generating near minimal spanning control sets for constrained motion planning in discrete state spaces. *IROS*, 2005.
- [8] S. Suri. A linear time algorithm for minimum link paths inside a simple polygon. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing* 35(1), 1986.
- [9] P. Yap. Grid-based path-finding. *Advances in Artificial Intelligence*, LNCS 2338, Springer, 2002.