

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö „Analysis of the Stochastic Super-Exponential growth model” (“Stohhastilise superekspponentsiaalse kasvumudeli analüüs”) raames on uuritud superekspponentsiaalselt ehk kiiremini kui ekspponentsiaalselt kasvavat populatsiooni, mille kasvukiirus fluktrueerub ajas. Demograafiliste andmete kohaselt on maailma rahvastik kasvanud superekspponentsiaalselt vähemalt viimase kahe tuhande aasta vältel. Selline inimpopulatsiooni arvukuse plahvatuslik kasv on olnud võimalik tänu tehnoloogilise progressi saavutustele, millele on omakorda toetunud superekspponentsiaalselt kasvav majandus.

Seetõttu tuleks rahvastiku kasvu uurimisel arvestada ka ühiskonna tehnoloogilist innovatiivsusevõimekust, sest populatsiooni arvukuse ja tehnoloogilise progressi vahel toimub positiivne tagasiside. Inimeste arvukuse kasv toob endaga kaasa uute ideede ja teadmiste kasvu, mis võimaldab inimkonnal suurendada oma keskkonnamahutavust ning keskkonnamahutavuse suurenemine võimaldab omakorda populatsioonil kiiremini kasvada. Selline süsteemi iseregulatsioon on võimaldanud inimpopulatsioonil kasvada kiiremini kui ekspponentsiaalselt. Sellele viitavad nii andmed globaalsel tasemel (Johansen, Sornette, 2001) kui ka uuringud rahvastiku ja tehnoloogilise progressi vallas erinevates linnades (Bettencourt et al., 2007). Samuti on Myrskylä, et al (2009) näidanud, et sündivuse ja sotsioloogilise ning majandusliku arengutaseme vahel on tugev positiivne korrelatsioon juhul kui viimane ületab teatavat läveväärtust. Demograafilise ülemineku teooria ei ole lõplikult suutnud seletada senini toimunud demograafilisi nähtusi (Cohen, 1995). Seega on veel avatud küsimus, kas me saame oodata demograafilise ülemineku toimumist tänapäeva Aasia, Aafrika ja Lääne-Ameerika vähemarenenud riikides.

Superekspponentsiaalselt kasvavat populatsiooni kirjeldav matemaatiline mudel omab lõpliku aja jooksul ilmnevat singulaarsust, st inimeste arv kasvab lõpliku aja vältel lõpmatusse. Seda matemaatilist idealisatsiooni võib tõlgendada kui populatsiooni jõudmist katastroofi, mis võib tähendada populatsiooni väljasuremist selle vahetus tähenduses. Samuti, tuues paralleeli mittetasakaaluliste protsesside vallast, võib demograafilist singulaarsust tõlgendada ka kui rahvastiku kasvudünaamika “faasiülemikut” uut sorti režiimile. Võime samuti eeldada, et seda sorti järsk üleminek on tugevalt pöördumatu protsess.

Superekspponentsiaalse mudeli alusel saab populatsiooni jaoks arvutada välja katastroofi jõudmise aja. Vastavat ajamomenti nimetatakse kriitiliseks ajaks ning Johanseni ja Sornette' (2001) hinnangul asub inimpopulatsiooni jaoks kriitiline ajamoment vahemikus 2052 ± 10 . Viimati mainitud töös kasutati mitteparameetrilist testi tuvastamaks logaritm-perioodilist käitumist, et määrata kriitilist ajamomenti. Otsene lähendamine mudelile on raskendatud, sest andmestikus esineb tugev müra.

Käesoleva magistritöö uurimuslikus osas on esitatud ja analüüsitud superekspponentsiaalset kasvumudelit, mille puhul on kasvuparameetrit käsitletud juhuslikult fluktueeruva suurusena, mis käitub analoogselt Gaussi valge müra protsessiga ja Stratonovich. Stohhastilise mudeli koostamise eesmärgiks on uurida müra rolli ning mõju populatsiooni dünaamikas. Antud kontekstis võime müra all mõelda demograafilisi ja keskkonnast pärinevaid fluktuatsioone ning samuti ka ebatäielikust andmestikust tulenevat määramatust. Vastav käsitlus rajaneb eeldusel, et inimpopulatsiooni terviklikku kasvukiirust mõjutavad korraga väga palju erinevaid protsesse ning ükski kasvukiirust mõjutav tegur ei ole eelistatud seisundis. Ühtlasi lähtume eeldusest, et inimpopulatsiooni dünaamilise süsteemi analüüs toimub väga laias ajavahemikus. Arvestame, et demograafiliste mehhanismide ajaskaala on palju suurem kui kasvuparameetrite avalduvate fluktuatsioonide ajaskaala.

Leidsime, et multiplikatiivse valge müra lisamine ei toonud endaga kaasa süsteemi käitumise kvalitatiivset muutust - stohhastilises populatsioonimudelil esineb samuti demograafiline singulaarsus. Koostatud stohhastilise superekspponentsiaalse kasvuga mudeli analüüsi osas arvutasime populatsiooni arvukuse tõenäosustiheduse, keskvärtuse, suhtelise dispersiooni. Mudeli analüüsi käigus ilmnes, et populatsiooni arvukuse keskvärtus omab maksimumi, mille värtus väheneb aja möödudes. Suhtelise dispersiooni väärtused tõusid populatsiooni ajalise evolutsioneerumise käigus kiiresti üle ühe, mis viitab tõenäosusjaotuse ebasümmeetrilisusele. Uurisime ka kuidas erinevad süsteemi parameetrid nagu kasvuparameeter, tehnoloogilise progressi parameeter ja müra intensiivsus mõjutavad populatsiooni arvukuse keskvärtuse ja suhtelise dispersiooni ajalist käitumist.

Avaldasime populatsiooni eluea tõenäosusjaotuse. Populatsiooni eluea all mõistame antud kontekstis populatsiooni demograafilisse singulaarsusesse jõudmise aega. Samuti arvutati välja

populatsiooni keskmise eluea ja tõenäoiseima eluea eksaktsed valemid. Leidsime, et populatsiooni keskmise eluea väärtus langeb kokku deterministliku superekspponentsiaalse mudeli demograafilise singulaarsuse kriitilise ajamomendiga. Tõenäoiseim eluiga on alati väiksem populatsiooni keskmisest elueast, kui süsteemis esineb müra. Järelikult, kui populatsiooni kasvukiirust käsitleda fluktureeruva suurusena on tõenäoline, et demograafilisse singulaarsusesse jõudmine toimub isegi varem kui deterministlik mudel seda ennustab.