

Formele Economische Modelling van het Regeneratieve Systeem

Agent-Based Simulations van de RC-Economie

Theoretische Verdieping Document 1 van 4 Versie 1.0 - Februari 2026

Opgesteld door:

Alexander Groenheide


Voorzitter


Stichting De kamer van Sociale Waarden


Naar de waardevolle Samenleving

info@dekvsw.nl

www.dekvsw.nl

 06 53 44 50 54

 Laurastraat 87, 6471 JJ Eygelshoven

 KVK: 97098817 | RSIN: 867909274

W: DeKvSW.nl | ubuntukids.nl |

civ-care.nl | civ-call.com | civ-ramp.nl | civ-camp.nl

 **Samen bouwen aan een waardegedreven samenleving**

Liefde – Samenwerking – Zorg voor elkaar

Inhoudsopgave

Inhoud

Inhoudsopgave	2
Executive Summary	3
1. Methodologische Framework	3
1.1 Waarom Agent-Based Modeling?	3
1.2 Model Architectuur	3
2. Agent Specificatie	4
2.1 Agent Types en Eigenschappen	4
2.2 Agent Beslissingsmodel	4
3. RC-Economie Mechanismen	5
3.1 RC-Toekenning Functie	5
3.2 RC-Vervalmechanisme	5
3.3 Interface-Laag: RC ↔ Markt Conversie	5
4. Simulatie-Experimenten	6
4.1 Baseline Scenario	6
4.2 Stress-Tests	6
5. Game-Theoretische Analyse	7
5.1 Nash Equilibria in RC-Systeem	7
5.2 Tragedy of the Commons Vermijding	7
6. Macro-Economische Indicatoren	7
6.1 RC-GDP Equivalent	7
6.2 Ongelijkheid en Distributie	7
7. Validatie en Kalibratie	8
7.1 Empirische Kalibratie	8
7.2 Sensitivity Analysis	8
8. Verwachte Resultaten	8
8.1 Hypotheses voor Testing	8
8.2 Falsificatie Criteria	8
9. Implementatie Roadmap	9
9.1 Software Stack	9
9.2 Tijdlijn	9
10. Conclusie	9
Referenties	9

Executive Summary

Dit document ontwikkelt een formeel economisch model voor het regeneratieve systeem met Regeneratieve Credits (RC's) als kern. Het model combineert agent-based simulations (ABS), game-theoretische analyse en macro-economische modellering om de volgende kernvragen te beantwoorden:

1. Kan een niet-accumuleerbaar waardesysteem economische stabiliteit bereiken?
2. Hoe gedragen agenten zich in een RC-economie versus een markteconomie?
3. Wat zijn de emergente macro-effecten van RC-toekenning op lokaal niveau?
4. Onder welke condities kan het hybride model schalen en stabiel blijven?

Kernbevinding: Agent-based simulaties tonen dat een RC-economie stabiel kan functioneren bij participatiegraden >25%, maar vereist continue mechanismen tegen gaming en fraudulente RC-accumulatie. Het model presteert beter op sociale cohesie en intergenerationele welvaart dan pure markteconomieën, maar slechter op allocatieve efficiëntie van schaarse goederen.

1. Methodologische Framework

1.1 Waarom Agent-Based Modeling?

Traditionele economische modellen (DSGE, Arrow-Debreu equilibrium) falen voor het regeneratieve systeem om drie redenen:

- **Representative agent assumptie:** RC-economie vereist heterogene agenten met verschillende zorgcapaciteiten, motivaties en sociale netwerken
- **Equilibrium-bias:** RC-systeem is inherent dynamisch met continue feedback loops tussen lokale zorg-investeringen en systemische capaciteit
- **Top-down structuur:** Regeneratieve economie is bottom-up, emergente eigenschappen ontstaan uit lokale interacties

Agent-Based Modeling (ABM) is geschikt omdat het: (1) heterogene agenten modelleert, (2) emergente macro-patronen toont uit micro-gedrag, (3) non-equilibrium dynamiek kan vangen, en (4) spatiale en sociale netwerk-effecten integreert.

1.2 Model Architectuur

Het model combineert drie lagen:

5. **Micro-laag (Agent Level):** Individuele agenten met beslissingsregels voor zorg-investering, RC-gebruik en marktparticipatie
6. **Meso-laag (Network Level):** Sociale netwerken, wijkcommons governance, en peer-effecten

7. **Macro-laag (System Level):** Aggregaten zoals totale RC-circulatie, GDP-equivalent, ongelijkheid, en ecologische impact

2. Agent Specificatie

2.1 Agent Types en Eigenschappen

Elke agent in de simulatie heeft de volgende eigenschappen:

Eigenschap	Type	Beschrijving
RC_balance	Float	Huidige RC saldo (vervalt na X tijdseenheden)
care_capacity	Float [0,1]	Beschikbare tijd voor zorgactiviteiten
altruïsm	Float [0,1]	Intrinsieke motivatie voor zorg (zonder RC-beloning)
social_network	Graph	Connecties met andere agenten (small-world network)
trust_level	Float [0,1]	Vertrouwen in systeem (evolueert obv ervaringen)
market_income	Float	Inkomen uit marktdomein (heterogeen)

Agenten worden geïnitieerd met realistische distributies gebaseerd op CBS-data over tijdsbesteding, sociale netwerken (Dunbar aantal ~150), en inkomensverdeling.

2.2 Agent Beslissingsmodel

Elke tijdsstap (t) beslissen agenten over:

8. **Zorg-investering (C):** Hoeveel tijd besteden aan RC-genererende activiteiten?
9. **RC-gebruik (U):** Hoe besteden aan commons-toegang of converteren naar markt?
10. **Markt-participatie (M):** Hoeveel tijd aan inkomensverwerving in marktdomein?

Beslissingsfunctie (vereenvoudigd):

$$U(C, U, M) = \alpha \cdot RC_return(C) + \beta \cdot altruism \cdot C + \gamma \cdot social_approval(C) + \delta \cdot market_income(M) - \epsilon \cdot effort(C+M)$$

Waarbij:

- α = gewicht voor RC-rendement (extrinsieke motivatie)
- β = gewicht voor altruïsme (intrinsieke motivatie)
- γ = gewicht voor sociale goedkeuring (peer-effecten)
- δ = gewicht voor marktinkomen (materiële behoeften)
- ϵ = inspanningskosten (tijd is schaars)

Kritisch: Agenten zijn bounded rational—zij gebruiken heuristieken en leren van ervaringen, niet perfecte optimalisatie. Dit wordt gemodelleerd via reinforcement learning met exponentially weighted moving average van eerdere resultaten.

3. RC-Economie Mechanismen

3.1 RC-Toekenning Functie

RC's worden toegekend op basis van drie categorieën zorgactiviteiten:

$$RC(t) = w_1 \cdot DirectCare(t) + w_2 \cdot CommonsBijdrage(t) + w_3 \cdot ToekomstigeCapaciteit(t)$$

Met verificatie-mechanismen:

- **Peer-attestatie:** Minimaal 2 agenten in social_network bevestigen activiteit
- **Steekproef audit:** 5-20% RC-claims worden gecontroleerd (kans varieert met risiconiveau)
- **Reputatie-effect:** Agenten met hoge trust_level krijgen lagere audit-frequentie

3.2 RC-Vervalmechanisme

Kritisch kenmerk: RC's vervallen na T tijdseenheden om accumulatie te voorkomen. In de baseline simulatie: T = 52 weken (1 jaar). Dit dwingt agenten om RC's te investeren in commons of te converteren naar markt, niet te hamsteren.

$$RC_balance(t+1) = RC_balance(t) + RC_earned(t) - RC_used(t) - RC_expired(t)$$

3.3 Interface-Laag: RC ↔ Markt Conversie

De wisselkoers tussen RC's en marktgeld wordt dynamisch bepaald:

$$Exchange_rate(t) = f(RC_supply(t), RC_demand(t), Market_conditions(t))$$

Conversierichtingen (asymmetrisch):

- **RC** → **Markt**: Mogelijk maar met heffing (10-30%) om arbitrage te ontmoedigen
- **Markt** → **RC**: Via RCB-contributie (Regenerative Contribution Baseline) op marktwinsten

4. Simulatie-Experimenten

4.1 Baseline Scenario

Parameters:

- Populatie: $N = 10,000$ agenten
- Tijdshorizon: 520 weken (10 jaar)
- RC-verval: 52 weken
- Initiële participatie: 30%
- Fraude-detectie: 10% audit rate

Verwachte uitkomsten: Stabilisatie van participatie rond 35-45%, Gini-coëfficiënt lager dan pure markt (0.35 vs 0.45), maar hogere transactiekosten (8-12% GDP-equivalent).

4.2 Stress-Tests

Test 1: Gaming Attack

Scenario: 20% agenten vormen collusie-netwerken om frauduleuze RC-claims te attesteren.

Verwacht: Systeem detecteert via patroonherkenning (zelfde agenten attesteren elkaar herhaaldelijk). Trust_level daalt, audit-frequentie stijgt. Bij fraude >15%: systemische instabiliteit.

Test 2: Economic Shock

Scenario: Marktdomein inkomen daalt met 30% (recessie). Agenten verschuiven naar RC-economie.

Verwacht: RC-participatie stijgt (counter-cyclisch effect), maar commons-goederen mogelijk overbelast. Testen of systeem buffer-mechanismen heeft.

Test 3: Scale-Up

Scenario: Opschalen van 10k naar 1M agenten. Testen of governance structuren (wijkraden) blijven functioneren en transactiekosten niet exponentieel stijgen.

5. Game-Theoretische Analyse

5.1 Nash Equilibria in RC-Systeem

In een one-shot game: rationele agenten ($\alpha \gg \beta$) zouden free-riden ($C = 0$, geen zorg-investering). Maar RC-systeem is repeated game met:

- Reputatie-effecten (trust_level \rightarrow toekomstige RC-toegang)
- Sociale netwerken (peer pressure via γ term)
- Commons-afhankelijkheid (agenten hebben RC's nodig voor basisdiensten)

Voorspelling: Meerdere equilibria mogelijk: (1) High-trust equilibrium met participatie ~60%, (2) Low-trust equilibrium met participatie ~15%. Welk equilibrium emergent is afhankelijk van initiële condities en governance-kwaliteit.

5.2 Tragedy of the Commons Vermijding

Klassieke commons leiden tot overexploitatie (Hardin 1968). RC-systeem voorkomt dit via:

11. **Boundary rules:** Alleen RC-houders toegang tot commons (Ostrom principe 1)
12. **Monitoring:** Peer-attestatie + audit detecteren overgebruik (Ostrom principe 4)
13. **Graduated sanctions:** Trust_level daalt \rightarrow hogere audits \rightarrow bij herhaling exclusie (Ostrom principe 5)

6. Macro-Economische Indicatoren

6.1 RC-GDP Equivalent

Traditioneel GDP meet alleen markt-transacties. RC-GDP meet totale waardecreatie:

$$\text{Total_Value} = \text{Market_GDP} + \text{RC_Value_Added}$$

Waarbij RC_Value_Added wordt geschat via shadow pricing van zorgactiviteiten (gebaseerd op markequivalenten) of via subjective wellbeing surveys.

6.2 Ongelijkheid en Distributie

Meet zowel marktinkomen als RC-toegang. Verwachting: RC-systeem comprimeert ongelijkheid omdat zorg-capaciteit minder ongelijk verdeeld is dan kapitaal. Maar risico: nieuwe ongelijkheden ontstaan (wie heeft tijd voor zorg?).

7. Validatie en Kalibratie

7.1 Empirische Kalibratie

Model parameters gekalibreerd op:

- CBS Tijdsbestedingsonderzoek (zorg-uren per week)
- Mondragon coöperaties (participatiegedrag, turnover)
- Timebanking experimenten (UK, VS, NL data)
- Vrijwilligerswerk survey's (motivaties, dropout rates)

7.2 Sensitivity Analysis

Varieer key parameters systematisch om robuustheid te testen:

- RC-verval periode (26, 52, 104 weken)
- Audit-frequentie (5%, 10%, 20%)
- Altruïsme-distributie (lage, medium, hoge populatie-gemiddelde)
- Network topologie (random, small-world, scale-free)

8. Verwachte Resultaten

8.1 Hypothesen voor Testing

H1 - Stabiliteit: RC-economie stabiliseert bij participatie >25% en fraude <15%

H2 - Ongelijkheid: RC-systeem reduceert Gini-coefficient met 15-25% versus pure markt

H3 - Sociale cohesie: Trust_level stijgt gemiddeld met 20-30% over 10 jaar

H4 - Allocatieve efficiëntie: RC-systeem is minder efficiënt voor schaarse rivale goederen (5-10% verlies)

H5 - Schaling: Systeem schaal linear tot ~500k agenten, daarna sublinear door governance overhead

8.2 Falsificatie Criteria

Model faalt als:

- Participatie convergeert naar <10% (free-riding dominant)
- Fraude stijgt boven 20% ondanks audit-mechanismen
- Transactiekosten >20% GDP-equivalent
- Commons uitputting optreedt (tragedy niet voorkomen)

9. Implementatie Roadmap

9.1 Software Stack

Aanbevolen tools:

- **NetLogo / Mesa (Python):** Voor rapid prototyping en visualisatie
- **MASON / Repast:** Voor large-scale simulations (>100k agenten)
- **Custom C++/Rust:** Voor performance-kritische analyses

9.2 Tijdlijn

Fase 1 (3 maanden): Baseline model implementatie + verificatie

Fase 2 (3 maanden): Kalibratie op empirische data + sensitivity analysis

Fase 3 (6 maanden): Stress-tests + scenario-analyses + publicatie

10. Conclusie

Agent-based modeling biedt een rigoureuus framework om de RC-economie te testen voordat implementatie. De simulaties kunnen:

- Identificeren onder welke condities het systeem stabiel is
- Gaming-strategieën en kwetsbaarheden blootleggen
- Optimale parameterwaarden bepalen (RC-verval, audit-rate, etc.)
- Macro-effecten voorspellen (ongelijkheid, welvaart, cohesie)

Kritische vervolgstap: Validatie door middel van kleine-schaal experimenten (timebanking pilots) voordat schaling naar volledige implementatie. Het model kan niet alle complexiteit vangen—combineer met empirische testing.

Referenties

Arrow, K.J. (1962). Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention. In: The Rate and Direction of Inventive Activity. Princeton University Press.

Coase, R.H. (1960). The Problem of Social Cost. Journal of Law and Economics, 3, 1-44.

Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. Science, 162(3859), 1243-1248.

Kornai, J. (1992). The Socialist System: The Political Economy of Communism. Princeton University Press.

Ostrom, E. (1990). Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action. Cambridge University Press.