

Μοντελοποίηση με συστήματα πρακτόρων (Agent Based Modeling) στην Αγροτική Πολιτική

Δημήτρης Κρεμμύδας,
Τμήμα Αγροτικής Οικονομίας & Ανάπτυξης,
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
(kremmydas@hua.gr)

Περίληψη

Στα «Υπολογιστικά Οικονομικά βασισμένα σε Πράκτορες» (Agent-based computational economics), η οικονομία θεωρείται ένα πολύπλοκο σύστημα στο οποίο οι αλληλεπιδράσεις των οικονομικών υποκειμένων μεταξύ τους και με το περιβάλλον τους είναι καθοριστικής σημασίας. Η ανάλυση πραγματοποιείται από κάτω προς τα πάνω, μοντελοποιώντας τις συμπεριφορές των πρακτόρων και προσομοιώνοντας το οικονομικό σύστημα. Με την προσέγγιση αυτή, από την μία παρουσιάζονται πολλά πλεονεκτήματα (εύκολη διαχείριση χρόνου, χώρου, αλληλεπιδράσεων μεταξύ των υποκειμένων κ.α.) ενώ από την άλλη εγείρονται διάφορα επιστημολογικά ζητήματα.

Στον επιστημονικό κλάδο της Αγροτικής Οικονομίας η εν λόγω μεθοδολογία έχει χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση αγροτικής πολιτικής, την μοντελοποίηση της δυναμικής των χρήσεων γης στον αγροτικό χώρο, την διερεύνηση των διαρθρωτικών αλλαγών, την μοντελοποίηση της μετάδοσης καινοτομίας, την προσομοίωση της διαχείρισης του νερού και την περιβαλλοντική μοντελοποίηση (environmental modeling). Η χρήση τέτοιων συστημάτων στην Αγροτική Πολιτική μπορεί να βοηθήσει στην υπέρβαση κάποιων απλουστευτικών υποθέσεων των συμβατικών μοντέλων όπως είναι η ομοιογένεια στην λήψη απόφασης των παραγωγών ή η απουσία αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους.

Στα πλαίσια αυτού του άρθρου, αρχικά γίνεται μία παρουσίαση των αρχών της μοντελοποίησης οικονομικών συστημάτων με χρήση πρακτόρων. Παρατίθενται επίσης οι ιδιαιτερότητες, τα πλεονεκτήματα και τα επιστημολογικά ζητήματα της συγκεκριμένης μεθοδολογίας. Στην συνέχεια γίνεται μία συζήτηση σχετικά με τις δυνατότητες εφαρμογής ABM προσέγγισης στην αξιολόγηση ή την εκτίμηση των αποτελεσμάτων της Αγροτικής Πολιτικής και παρουσιάζονται κάποιες υφιστάμενες προσπάθειες. Κλείνουμε με συμπεράσματα και προτάσεις.

Εισαγωγή

Αν και η απόδοση του αγγλικού όρου «agent» από την ελληνική βιβλιογραφία σαν «πράκτορας» δεν φαίνεται να είναι δόκιμη¹, ωστόσο θα την ακολουθήσουμε, καθώς η αποδοχή φαίνεται να είναι καθολική². Θα χρησιμοποιήσουμε επίσης τις συντομογραφίες: ABM για να δηλώσουμε την φράση «Agent Based Modeling» και AB για τον όρο «Agent Based».

Ο όρος “Πράκτορας” (agent) και “Πολύ-πρακτορικό σύστημα” (multi-agent system) καθιερώθηκε στο πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης σαν η αφηρημένη έννοια μίας αυτόνομης οντότητας που αντιλαμβάνεται τα ερεθίσματα του περιβάλλοντος και αντιδρά σε αυτά θέλοντας να εκπληρώσει κάποιον σκοπό.

Η χρήση της ABM προσέγγισης, πέραν της αρχικής χρήσης στον τομέα της πληροφορικής, επεκτείνεται σε όλο και περισσότερα επιστημονικά πεδία όπως στις κοινωνικές, βιολογικές και περιβαλλοντικές επιστήμες με τον αριθμό των δημοσιεύσεων από το 1992 μέχρι και το 2008 να αυξάνει γεωμετρικά (Niazi and Hussain 2011). Στο ίδιο άρθρο δίνονται οι θεματικές ενότητες οι οποίες είχαν το διάστημα 1990-2010 τις περισσότερες δημοσιεύσεις που εντάσσονται στο ABM: Πληροφορική, Οικολογία, Μηχανική (Engineering), Κοινωνικές Επιστήμες, Βιολογία, Περιβαλλοντικές Επιστήμες (Environmental Sciences), Μαθηματικά, Επιχειρησιακή Έρευνα, Ιχθυοκαλλιέργειες.

Στο (Bandini, Manzoni et al. 2009) αναφέρεται ότι η κοινή συνισταμένη της χρήσης ABM είναι ότι «η στοιχειώδης μονάδα δράσης αποτελείται από κάποιον διακριτό πράκτορα (agent), ο οποίος δρα και αλληλεπιδρά με άλλες οντότητες, σε ένα κοινό περιβάλλον. Η τελική δυναμική του συστήματος δεν καθορίζεται από κάποια καθολική συνάρτηση αλλά είναι το αποτέλεσμα των πράξεων και των αλληλεπιδράσεων των διακριτών πρακτόρων». Επίσης δίνονται τα χαρακτηριστικά τα οποία πρέπει να κατέχει ένας «πράκτορας»: Αυτονομία (η

¹ Από το λεξικό merriam-webster (<http://www.merriam-webster.com/dictionary/agent>) η δόκιμη έννοια στο πλαίσιο της προσέγγισης Agent Based Modeling είναι agent: «1: one that acts or exerts power» είτε «2a : something that produces or is capable of producing an effect : an active or efficient cause »

Η μεταφορά στα ελληνικά σαν «πράκτορας» είναι αδόκιμη. Όπως διαβάζουμε στο λεξικό Μπαμπινιώτη, «Πράκτορας: ο συμβαλλόμενος στη σύμβαση πρακτορείας ο οποίος αναλαμβάνει έναντι αμοιβής την επιμέλεια και διεκπεραίωση των αντισυμβαλλόμενου και στο πλαίσιο της οποίας διενεργεί κάθε απαραίτητη νομική ή υλική πράξη στο όνομα και για λογαριασμό των πρακτορευόμενου». Η έννοια αυτή αντιστοιχεί στην σημασία του agent: «4: one who is authorized to act for or in the place of another: as a (a): a representative, emissary, or official of a government <crown agent> <federal agent> (b): one engaged in undercover activities (as espionage) : spy <secret agent>»

Η απόδοση του αγγλικού όρου “agent” θα ήταν πιο δόκιμο να γίνει ως «υποκείμενο» ή «δράστης» ή «μονάδα δράσης» ή «αυτουργός».

² Ο όρος «πράκτορες» στην μηχανή αναζήτησης ελληνικών ψηφιακών βιβλιοθηκών openarchives.gr επιστρέφει 135 σχετικά με “agent based modeling” αποτελέσματα.

ικανότητα του να δρα χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση), κοινωνικότητα (η ικανότητα αλληλεπίδρασης με άλλους ομοειδείς πράκτορες), προσαρμοστικότητα στο περιβάλλον (reactivity, η ικανότητα να αντιλαμβάνεται αλλαγές στο περιβάλλον και να αντιδρά σε αυτές), ενεργητικότητα (pro-activeness, η ικανότητα να λαμβάνει πρωτοβουλίες με αφορμή εσωτερικούς του στόχους και όχι απλά σαν αντίδραση στις εξωτερικές αλλαγές). Στους Gallegati και Richiardi (2009) τα ABM ορίζονται ως «υποδείγματα στα οποία υπάρχει ένα πλήθος από αντικείμενα τα οποία (α) αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και με το περιβάλλον, (β) έχουν αυτονομία, δηλαδή δεν υπάρχει κάποιος κεντρικός από τα πάνω έλεγχος και (γ) το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης καταγράφεται αριθμητικά»

Είναι πρόδηλο ότι το εννοιολογικό (conceptual) μοντέλο του πράκτορα και των συστημάτων που μοντελοποιούνται από πράκτορες ταιριάζει πολύ καλά στον χώρο των κοινωνικών επιστημών.

Οι χαρακτηρισμοί οι οποίοι έχουν δοθεί σε προσεγγίσεις μοντελοποίησης που εμπίπτουν στην κατηγορία του ABM είναι αρκετοί. Οι Billari et al. (2006) αναφέρουν: Κοινωνική προσομοίωση (social simulation), τεχνητές κοινωνίες (artificial societies), μοντελοποίηση βασισμένη στο άτομο (individual-based modeling), υπολογιστικά οικονομικά βασισμένα σε πράκτορες (agent-based computational economics, ACE). Ο Ehrentreich (2008) αναφέρει: Μοντελοποίηση βασισμένη σε πράκτορες (agent based modeling, ABM), προσομοίωση βασισμένη σε πράκτορες (agent based simulation) και «μικροσκοπική προσομοίωση» (microscopic simulation).

Όπως βλέπουμε κι από τις παραπάνω ονοματοδοσίες, συνυφασμένη με το ABM είναι η έννοια της προσομοίωσης (simulation), η οποία είναι και ο συνήθης τρόπος με τον οποίον υλοποιούνται τα συστήματα πρακτόρων. Η υλοποίηση αυτή γίνεται συνήθως σε κάποιο κατάλληλο προγραμματιστικό περιβάλλον-πλαίσιο και συνίσταται στην «μίμηση» της συμπεριφοράς των πρακτόρων στην εξέλιξη του χρόνου.

Θα πρέπει ακόμα να αναφερθεί η συσχέτιση με τα «Συμπεριφοριστικά Οικονομικά» (Behavioral Economics), τα «Θεσμικά Οικονομικά» (Institutional Economics) και τα «Πολύπλοκα Οικονομικά» (Complexity economics) με την ABM προσέγγιση. Ο πρώτος τομέας προσπαθώντας να διαφωτίσει την μη ορθολογικότητα των υποκειμένων μπορεί να αποτελέσει πηγή ερεθισμάτων για την μοντελοποίηση των πρακτόρων. Για τους δύο τελευταίους τομείς, η

ABM προσέγγιση ταιριάζει πολύ καλά σαν εργαλείο μοντελοποίησης των θεωρητικών κατασκευών τους.

Στον χώρο των κοινωνικών επιστημών, σαν απαρχή της ABM προσέγγισης θεωρείται το κλασσικό βιβλίο του Schelling «Micro motives and macro behavior» (1978). Αρχετυπικό επίσης είναι το παράδειγμα του «τεχνητού χρηματιστηρίου αξιών της Santa Fe» (Santa Fe Institute Artificial Stock Market) το 1989.

Στον χώρο της αγροτικής οικονομίας, οι Sreinemachers και Berger (2011) θεωρούν ότι η χρήση των συστημάτων πρακτόρων (Agent Based Modeling, ABM) έχει τις ρίζες της στα επαναληπτικά μαθηματικά μοντέλα (recursive linear programming) των Richard Day και Theodor Heidhues από το 1960, οι οποίοι χρησιμοποίησαν την παραπάνω προσέγγιση για την ανάλυση Γεωργικής πολιτικής (farm policy analysis). Επανεμφανίζεται από το τέλος του 1990 (Balmann 1997; Berger 2001; Parker, Manson et al. 2003) με την χρήση αντικειμενοστραφούς γλώσσας προγραμματισμού (C++) για την ανάπτυξη ABM μοντέλων που πλέον λαμβάνουν υπόψη και την χωρική διάσταση μέσω της καταγραφής των αλλαγών χρήσεων γης. Η προσέγγιση αυτή, πέραν των άλλων, παρουσιάζει το βασικό πλεονέκτημα της δυνατότητας απεικόνισης των πάσης φύσεως αλληλεπιδράσεων των εκμεταλλεύσεων μεταξύ τους και επιπλέον ενσωματώνει την χωρική και την χρονική διάσταση των υπό μελέτη συστημάτων.

Στο επίπεδο της υλοποίησης η χρήση αντικειμενοστραφών γλωσσών προγραμματισμού είναι μονόδρομος λόγω των πλεονεκτημάτων τους για την αναπαράσταση των πρακτόρων. Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι ανάπτυξης ενός ABM συστήματος. Είτε ο εξαρχής προγραμματισμός του μοντέλου είτε η χρήση κάποιου σχετικού περιβάλλοντος στο οποίο υπάρχουν έτοιμες οι τυπικές λειτουργίες που συναντώνται σε ένα ABM. Σε κάθε περίπτωση η ανάπτυξη συνίσταται στον προγραμματισμό της συμπεριφοράς των μεμονωμένων πρακτόρων και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους.

Στα επόμενα κεφάλαια θα αναφερθούμε συνοπτικά στο γενικό μεθοδολογικό πλαίσιο της ABM προσέγγισης, παραθέτοντας τις ιδιαιτερότητες, τα πλεονεκτήματα και τα επιστημολογικά ζητήματα. Στην συνέχεια επιχειρούμε μία σύνδεση με την εφαρμογή στο πεδίο της Αγροτικής Οικονομίας δίνοντας παραδείγματα από την ανάλυση αγροτικής πολιτικής, την μοντελοποίηση της δυναμικής των χρήσεων γης στον αγροτικό χώρο και την διερεύνηση των διαρθρωτικών αλλαγών. Θα κλείσουμε με κάποια σχετικά συμπεράσματα και προτάσεις.

Μεθοδολογικό πλαίσιο ΑΒΜ

Η μοντελοποίηση με συστήματα πρακτόρων είναι η καταλληλότερη για συστήματα τα οποία παρουσιάζουν τα εξής δύο χαρακτηριστικά (Axelrod and Tesfatsion 2012):

A) Το σύστημα συντίθενται από αλληλεπιδρώντα υποκείμενα (interacting agents). Η ιδιότητα αυτή κάνει την «εκ των άνω» μοντελοποίηση δύσκολη καθώς δεν αρκεί η απομόνωση των συστατικών στοιχείων για να αναπαρασταθεί το σύστημα. Οι αλληλεπιδράσεις και όχι απλά οι επιμέρους ιδιότητες τους των υποκειμένων διαμορφώνουν την τελική ισορροπία.

B) Απόρροια του παραπάνω χαρακτηριστικού είναι ότι το σύστημα επιδεικνύει emergent³ ιδιότητες. Ο (Bar-Yam 1997) διακρίνει σε δύο τύπους emergency: Τον τοπικό και τον συστημικό. Ο πρώτος τύπος συμπίπτει με τον ορισμό των Gilbert et al. (2000): «Ενα φαινόμενο είναι emergent, όταν χρειαζόμαστε κατηγορίες για να το περιγράψουμε, οι οποίες δεν μας είναι απαραίτητες για να περιγράψουμε την συμπεριφορά των συνθετικών μερών του συστήματος». Η ύπαρξη τοπικού emergency παρατηρείται σε συστήματα σχετικά περιορισμένης πολυπλοκότητας. Σε τέτοια συστήματα οι καινούργιες κατηγορίες που προκύπτουν δεν χάνονται όταν απομονώσουμε κάποιο μέρος του. Ένα σχετικό παράδειγμα τέτοιων ιδιοτήτων είναι η πίεση και η θερμοκρασία σε ένα αέριο, οι οποίες δεν είναι ιδιότητες των στοιχειωδών σωματιδίων τους παρά μόνο ενός συνόλου τους. Η απομόνωση ενός μέρους του συνόλου δεν αλλάζει τις τιμές των ιδιοτήτων αυτών. Αντίθετα το συστημικό emergency κάνει αδύνατη την μελέτη μέρους του συστήματος χωρίς να χαθούν οι ιδιότητες του όλου. Π.χ. Σε ένα νευρωνικό δίκτυο, είναι αδύνατο να απομονώσεις κάποιους νευρώνες χωρίς να υπάρξει απώλεια «μνήμης» του δικτύου.

Τα παραπάνω συστήματα ονομάζονται «πολύπλοκα συστήματα» (complex systems) και η ΑΒΜ προσέγγιση μπορεί να αναπαραστήσει την συμπεριφορά τους που μπορεί να είναι από μη-γραμμική έως χαοτική. Οι κλασσικές αλγεβρικές ή αναλυτικές μέθοδοι έχουν δυσκολία αφενός στο να απεικονίσουν την πολυπλοκότητα των σχέσεων των συστημάτων αυτών και αφετέρου στο να επιλύσουν – υπολογίσουν την τελική κατάσταση του συστήματος. Έχει λοιπόν αξία αυτό που αναφέρουν και οι Bandini et al. (2009), ότι το ΑΒΜ δεν θα πρέπει να ιδωθεί μόνο ως μία τεχνική αλλά και ως μία διαφορετική προσέγγιση για την μοντελοποίηση των «πολύπλοκων συστημάτων» .

³ Η μετάφραση του όρου emergent κρίθηκε μη-δόκιμη, καθώς η μεταφορά στην ελληνική γλώσσα μπορεί να γίνει μόνο με εκτενή περιγραφικό τρόπο, κάτι που επιχειρείται στην συνέχεια του κείμενου.

Σε σχέση με τις δυνατότητες χρήσης που μας παρέχουν τα ABM, ο Axtell (2000) προτείνει τις παρακάτω επιλογές:

1. Χρήση ως υποκατάστατου της κλασσικής μαθηματικοποιημένης μοντελοποίησης: Στην περίπτωση αυτή, ενσωματώνουμε τις ήδη αποτυπωμένες μαθηματικές σχέσεις και στα υποκείμενα του μοντέλου μας, έχοντας την επιπλέον δυνατότητα να απεικονίσουμε τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους.
2. Χρήση για το ξεπέρασμα της μερικής αδυναμίας επίλυσης μαθηματικών μοντέλων, λόγω π.χ. μη γραμμικής ή χαοτικής συμπεριφοράς.
3. Διερεύνηση προβλημάτων που δεν είναι δυνατόν να αναλυθούν με κάποια κλασσική μαθηματική μέθοδο.

Πλεονεκτήματα και οφέλη από την χρήση ABM

Στους Billari, Fent et al. (2006) βρίσκουμε κάποια πλεονεκτήματα της ABM προσέγγισης, τοποθετημένα στο πεδίο της επιστήμης της δημογραφίας (demography), αλλά με γενικότερες προεκτάσεις: Είναι σχετικά εύκολο να συμπεριλάβουμε στα μοντέλα μας μηχανισμούς ανατροφοδότησης (feedback mechanisms). Σε σχέση με την κλασσική μαθηματική μοντελοποίηση είναι πιο εύκολο να συμπεριλάβουμε μη πλήρως ορθολογικά και ετερογενή υποκείμενα. Τέλος είναι δυνατόν να κατασκευασθούν και να επιλυθούν μοντέλα για τα οποία δεν υπάρχουν αναλυτικές λύσεις. Π.χ. μη-γραμμικά συστήματα ή συστήματα με μεγάλη πυκνότητα αλληλεπιδράσεων

Ο Axtell (2000) βρίσκει πολλά πλεονεκτήματα στην χρήση ABM: Είναι εύκολο να περιοριστεί η ορθολογικότητα των υποκειμένων (easy to limit agent rationality) και να μοντελοποιηθεί η ετερογένεια τους, αφού τα υποκείμενα μοντελοποιούνται σαν αντικείμενοστραφείς μονάδες στον υπολογιστή. Επίσης η δυναμική του συστήματος εξελίσσεται ανεξάρτητα της ύπαρξης ισορροπίας, συνεπώς είμαστε σε θέση να εξετάσουμε συστήματα που ξέρουμε ότι λειτουργούν μακριά από την ισορροπία. Τέλος η χωρική διάσταση και ο συνυπολογισμός της ύπαρξης δικτύων αλληλεπίδρασης είναι εύκολα, σχεδόν εγγενώς ενσωματώσιμα στα μοντέλα μας. Αντιθέτως οι κλασσικές μαθηματικές μέθοδοι, παρουσιάζουν προβλήματα στο να διαχειριστούν τις όψεις αυτές της πραγματικότητας.

Επιστημολογικά και μεθοδολογικά ζητήματα

Ο Ehrentreich (2008) επισημαίνει κάποια μεθοδολογικά προβλήματα που παρουσιάζει η ABM προσέγγιση: Καταρχήν στην ABM μέθοδο ο επιστήμονας κινείται με αναγωγή από το ειδικό στο γενικό (induction) και όχι με επαγωγή προς το ειδικό (deduction). Με την δεύτερη μέθοδο υπάρχει λογική καθαρότητα (αξιώματα, αποδείξεις) και επαληθευσιμότητα με το τίμημα της αφαίρεσης της πραγματικότητας. Με την πρώτη μέθοδο, αίρονται κάπως τα μειονεκτήματα της δεύτερης μεθόδου, ωστόσο μειώνεται σημαντικά η γενικότητα των μοντέλων.

Το μειονέκτημα το οποίο επισημαίνεται από τον Axtell (2000) για την χρήση ABM σε σχέση με τις μαθηματικοποιημένες μεθόδους μοντελοποίησης, είναι ότι δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί η ευρωστία (robustness) των λύσεων της μεθόδου. Κάθε λύση εξαρτάται απόλυτα από τις αρχικές συνθήκες και μόνο μέσω πολλαπλών επιλύσεων μπορούμε να αποκτήσουμε κάποια στιβαρότερη (robust) εικόνα για τα συμπεράσματα μας. Επισημαίνεται ωστόσο ότι με την αύξηση της υπολογιστικής ισχύος, η παραμετρική επίλυση τέτοιων πολύ-διάστατων συστημάτων καθίσταται όλο και πιο ρεαλιστική.

Ένα ακόμα μεθοδολογικό ζήτημα των ABM είναι η δυσκολία κατανόησης των υποθέσεων, παραδοχών και αλγόριθμων λειτουργίας τους καθώς η ανάπτυξη του εκάστοτε συστήματος γίνεται σε κάποια γλώσσα προγραμματισμού και περιλαμβάνει πολλές γραμμές κώδικα (black box criticism). Για την υπέρβαση αυτής της δυσκολίας έχει γίνει κάποια προσπάθεια, όπως το πρωτόκολλο ODD (Grimm, Berger et al. 2010) αλλά η δυσκολία της επικοινωνίας, σε σχέση τουλάχιστον με τα τυποποιημένα συμβατικά μαθηματικά μοντέλα, παραμένει.

Η χρήση ABM στην Αγροτική Πολιτική

Με βάση τα προλεγόμενα και την υπάρχουσα κατάσταση στην μοντελοποίηση των επιπτώσεων της Αγροτικής πολιτικής, η χρήση ABM στον τομέα αυτόν μπορεί να πάρει δύο μορφές:

A) Η πρώτη είναι η χρήση ως τεχνικής για την αντιμετώπιση των συνήθων προβλημάτων των συμβατικών μεθόδων μοντελοποίησης και την επέκταση τους προς ρεαλιστικότερες υποθέσεις. Η αναπαράσταση των αλληλεπιδράσεων των παραγωγών μεταξύ τους γίνεται πιο εύκολη ενώ ο μαθηματικός προγραμματισμός ως μοντέλο απόφασης των μεμονωμένων πρακτόρων δύναται να αντικατασταθεί από άλλους ευριστικούς κανόνες. Επιπλέον η χωρική

διάσταση μπορεί να ληφθεί υπόψη ενώ τα μοντέλα δύνανται να γίνουν δυναμικά. Όλες οι προσπάθειες που έχουν γίνει στην υιοθέτηση της ABM προσέγγισης, όπως θα δούμε και στην συνέχεια, κινούνται σε αυτές τις κατευθύνσεις.

B) Η δεύτερη μορφή είναι η χρήση για την μοντελοποίηση του αγροτικού συστήματος ως ενός πολύπλοκου εξελικτικού-προσαρμοστικού συστήματος (complex adaptive system). Η μορφή αυτή προϋποθέτει την θεωρητική μελέτη του αγροτικού συστήματος από την συγκεκριμένη σκοπιά. Αν και στο γενικό επίπεδο της οικονομικής θεωρίας φαίνεται να υπάρχει αρκετή κινητικότητα⁴, στο πεδίο της αγροτικής οικονομίας δεν φαίνεται να έχει προχωρήσει, τουλάχιστον ακόμα. Θα δώσουμε πολύ συνοπτικά κάποιους πυλώνες μελέτης μίας τέτοιας προσέγγισης, χωρίς να είμαστε σε θέση να επεκτείνουμε περαιτέρω:

- Η ύπαρξη φαινομένων αυτοκατάλυσης με συνέπεια την αδυναμία να συμπεράνουμε από τον μέσο όρο το τελικό αποτέλεσμα, καθώς κάποια οριακή περίπτωση μπορεί να επηρεάσει δυσανάλογα (Gallegati and Richiardi 2009).
- Η εστίαση στην αλληλεπίδραση και τα οικονομικά και κοινωνικά δίκτυα και όχι στον παραγωγό.
- Η ύπαρξη path dependence, δηλαδή η ύπαρξη γεγονότων που αλλάζουν την τελική θέση ισορροπίας του συστήματος.
- Η σχετική σταθερότητα του συστήματος και οι αλλαγές που γίνονται με ασυνέχειες (μετάβαση φάσης).

Όλα τα παραπάνω έχουν ως φυσική προϋπόθεση την αλλαγή παραδείγματος στην μελέτη της Αγροτικής Πολιτικής με τρόπο που να λαμβάνεται υπόψη ο μακροπρόθεσμος ορίζοντας και περισσότερες κοινωνικές και ποιοτικές παράμετροι. Όπως επισημαίνει και ο Durlauf (1997), η παραπάνω θεωρητική προσέγγιση έχει σημαντικές προεκτάσεις για τους διαμορφωτές Αγροτικής Πολιτικής: Οι εναλλακτικές πολιτικές δεν παράγουν και σχετικά εναλλακτικά αποτελέσματα, καθώς η απόκριση είναι μη γραμμική και μη συνεχής και η δομή των αλληλεπιδράσεων των οικονομικών υποκειμένων είναι καθοριστικής σημασίας για την έκβαση της εφαρμογής της πολιτικής. Ένα άρθρο το οποίο κινείται προς αυτή την κατεύθυνση, εξετάζοντας τα αγρο-περιβαλλοντικά μέτρα, είναι αυτό των Weisbuch και Boudjema (2002).

Θα επικεντρωθούμε στην πρώτη μορφή χρήσης ABM στην Αγροτική Πολιτική καθώς η δεύτερη περίπτωση είναι ένα ανεξερεύνητο πεδίο. Ωστόσο, ακόμα και στην πρώτη πιο

⁴ για παράδειγμα συνέδριο «Exploring Complexity in Economic Theory», Απρίλιος 2011

συμβατική αυτή περίπτωση, η πολυπλοκότητα του Αγροτικού συστήματος είναι τέτοια που η χρήση ABM μπορεί να προσδώσει μεγαλύτερη εγκυρότητα στα αποτελέσματα της μοντελοποίησης μας. Παρακάτω, περιγράφοντας το Αγροτικό σύστημα προσπαθούμε να αποδείξουμε τον παραπάνω ισχυρισμό.

Από τα ενεργά υποκείμενα τα οποία δρουν στον αγροτικό χώρο και ενδιαφέρουν την Αγροτική Πολιτική, κεντρική θέση κατέχουν οι παραγωγοί γεωργικών προϊόντων. Βαρύτητα έχουν επίσης οι υπόλοιποι παράγοντες που λαμβάνουν αποφάσεις τόσο στα πλαίσια της εφοδιαστικής αλυσίδας εισροών όσο και στην αλυσίδα διάθεσης των γεωργικών προϊόντων ή αγροτικών υπηρεσιών.

Η αποφάσεις των παραγωγών οι οποίες ενδιαφέρουν την ανάλυση στα πλαίσια της Αγροτικής Πολιτικής είναι: Τί και σε τί ποσότητες θα παράξουν οι παραγωγοί, με ποια τεχνική και με ποιες εισροές (σχέδιο παραγωγής), η επένδυση σε κεφάλαιο, η εγκατάλειψη της γεωργικής δραστηριότητας. Όλες αυτές οι αποφάσεις οδηγούν μακροπρόθεσμα στην αλλαγή της διάρθρωσης του γεωργικού συστήματος (Balman 1997)

Η λήψη αποφάσεων από τους παραγωγούς εξαρτάται από διάφορους παράγοντες:

- Από τις προσωπικές προτιμήσεις (π.χ. την στάση απέναντι στο κίνδυνο) και επιδιώξεις του κάθε παραγωγού. Υπάρχει περίπτωση αυτές να είναι διαφορετικές από την μεγιστοποίηση του κέρδους ή του εισοδήματος της παραγωγής.
- Από τις διαθέσιμες πληροφορίες και την ικανότητα του κάθε παραγωγού να την επεξεργαστεί και να βγάλει συμπεράσματα (bounded rationality). Οι πληροφορίες αυτές προέρχονται τόσο από το ευρύτερο περιβάλλον όσο και από τους υπόλοιπους παραγωγούς που είναι ενταγμένοι στο κοινωνικό του δίκτυο.
- Από την πρότερη εμπειρία σε σχέση με τις ληφθείσες αποφάσεις και τα αποτελέσματα τους

Θα πρέπει να σημειώσουμε πως είναι εμφανές ότι στην πραγματικότητα η λήψη αποφάσεων διακρίνεται από «χωρική τοπικότητα» και «χρονική εξέλιξιμότητα». Οι δύο αυτές σημαντικές ιδιότητες παραβλέπονται κατά κόρον από τα συμβατικά στατικά μαθηματικά μοντέλα.

Πέρα του παραγωγικού συστήματος στον αγροτικό χώρο υπάρχουν κι άλλα συστήματα τα οποία ενδιαφέρουν, τόσο για τις επιδράσεις που έχουν πάνω στο ίδιο το παραγωγικό σύστημα όσο και τις επιδράσεις που τους προκαλούνται από την ύπαρξη των μέτρων Αγροτικής

Πολιτικής. Για παράδειγμα το περιβαλλοντικό σύστημα με παραμέτρους που μας ενδιαφέρουν όπως η βιοποικιλότητα ή το αισθητικό τοπίο, το βιοφυσικό σύστημα (ποιότητα εδάφους, κλίμα κλπ).

Στην παραπάνω περιγραφή διακρίνουμε πολλά στοιχεία που κάνουν τον Ehrentreich (2008) να υποστηρίζει ότι η οικονομία είναι ένα πολύπλοκο σύστημα: Διάχυτες και παράλληλες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ετερογενών οικονομικών υποκειμένων. Συμπεριφορές, στρατηγικές και δράσεις συνεχώς αναπροσαρμόζονται καθώς τα υποκείμενα μαθαίνουν και συσσωρεύουν εμπειρία. Διαρκής καινοτομία δημιουργεί καινούργιες αγορές, καινούργιες συμπεριφορές και τεχνολογίες και εξειδικευμένες αγορές προκύπτουν συνεχώς.

Η ανάγκη μοντελοποίησης αυτής της σύνθετης και πολύπλοκης δομής που χαρακτηρίζει το αγροτικό σύστημα μας οδηγεί στο να κάνουμε αφαιρέσεις και απλουστευτικές υποθέσεις έχοντας όμως σαν τελικό σκοπό την πιστή αναπαράσταση της πραγματικότητας. Η ABM προσέγγιση φαίνεται να έχει κάποιες δυνατότητες αναπαράστασης όψεων του αγροτικού συστήματος που οι άλλες μέθοδοι δυσκολεύονται να αντιμετωπίσουν.

Ο Berger (2001) υποστηρίζει ότι τα κλασσικά μοντέλα προσομοίωσης που στηρίζονται στον μαθηματικό προγραμματισμό υποφέρουν από δύο αδυναμίες: Πρώτον δεν λαμβάνουν υπόψη τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των υποκειμένων, δηλαδή αγνοούν τα κόστη συναλλαγών και πληροφόρησης (transaction and information costs). Δεύτερον δεν ενσωματώνουν στους υπολογισμούς τους την εγγενή χωρική διάσταση της αγροτικής δραστηριότητας (κόστος μεταφοράς προϊόντων και φυσική ακινησία της γης). Αντίθετα τα ABM μπορούν να υπερβούν αυτές τις δυσκολίες. Το ίδιο υποστηρίζει σε σχέση με την δυνατότητα απεικόνισης των αλληλεπιδράσεων και ο Balmann (1997).

Οι Kaye-Blake, Li et al. (2009) υποστηρίζουν ότι τα ABM είναι τα πλέον κατάλληλα για συστήματα που επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την χωρική διάσταση και η τελική κατάσταση εξαρτάται από αποφάσεις που λαμβάνονται από διακριτά υποκείμενα. Επικρίνουν την μοντελοποίηση λήψης αποφάσεων των παραγωγών με βάση τον μαθηματικό προγραμματισμό προτείνοντας απλούστερους ευριστικούς κανόνες που θεωρούν ότι προσομοιώνουν καλύτερα την διαδικασία λήψης απόφασης, όπως απλοί κανόνες τύπου if-then-else. Από την άλλη υπάρχουν έρευνες που δείχνουν ότι η υπόθεση της μυωπικής βραχυπρόθεσμης μεγιστοποίησης του κέρδους ή του εισοδήματος προσεγγίζει ικανοποιητικά τις αποφάσεις του παραγωγού (Appel and Musshoff 2011).

Ο Herman (1966) όπως αναφέρεται στο (Millington, Romero-Calcerrada et al. 2008) επισημαίνει ότι ένα όφελος από την χρήση ABM είναι η καλύτερη κατανόηση των περιφερειακών – τοπικών διαφοροποιήσεων στον αγροτικό χώρο, καθώς αυτή απαιτεί την ρεαλιστικότερη απεικόνιση της διαδικασίας λήψης απόφασης από τους παραγωγούς, των οποίων οι αποφάσεις αυτές συμπεριλαμβάνουν επιπλέον των οικονομικών παράγοντες.

Οι Matthews, Gilbert et al. (2007) στην πολύ καλή επισκόπηση εφαρμογών που σχετίζονται με την χρήση γης (land-use, LU) εντοπίζουν τα οφέλη από την χρήση της AB προσέγγισης στην δυνατότητα ενσωμάτωσης της ετερογένειας, ειδικά στις περιπτώσεις που η χρήση του μέσου όρου ή του τυπικού εκπροσώπου ενός πληθυσμού μπορεί να παραμορφώσει το συμπέρασμα. Επιπλέον πλεονέκτημα η δυνατότητα να μοντελοποιηθούν μη χρηματικές επιρροές στην λήψη απόφασης από τα υποκείμενα και η δυνατότητα σύνδεσης των κοινωνικών και περιβαλλοντικών διεργασιών.

Οι Tzima, Athanasiadis et al. (2007) στην επισκόπηση ABM εφαρμογών στον τομέα της διαχείρισης άρδευσης (irrigation management) επισημαίνουν σαν θετικό την πολυπλοκότητα της διαχείρισης ενός συστήματος άρδευσης την οποία η χρήση ABM μπορεί να αντιμετωπίσει: πολλοί ενδιαφερόμενοι με διαφορετικούς στόχους και τρόπους χρήσης του νερού και από την άλλη σημαντικότατη είναι η διάσταση της περιβαλλοντικής ισορροπίας. Θεωρούν ότι η αδυναμία που έχουν τα ABM να προβλέψουν την ακριβή κατάσταση του συστήματος (και όχι απλά την τάση) είναι ένας σοβαρός περιοριστικός παράγοντας εξάπλωσης του. Σαν αντίβαρο υποστηρίζουν την δυνατότητα για συμμετοχή των ενδιαφερομένων στην κατασκευή και την επαλήθευση των AB μοντέλων. Πάντως θεωρούν πως η ανάπτυξη ABM στον τομέα της διαχείρισης άρδευσης δεν έχει εξαντλήσει ακόμα την δυναμική της.

Ο Weisbuch (2000) επισημαίνει ότι ειδικά για προβλήματα πολιτικής στα οποία εντάσσεται και η διαχείριση του περιβάλλοντος η «από κάτω προς τα πάνω» προσέγγιση (bottom-up) έχει περισσότερο νόημα από την συμβατική «από πάνω προς τα κάτω λογιστικού τύπου» (top-down accounting approach). Η τελευταία αγνοεί θέματα που σχετίζονται με την αβεβαιότητα και την ανομοιογένεια στην στάση απέναντι στις περιβαλλοντικές αξίες, την κατανεμημένη φύση της διαδικασίας λήψης απόφασης και την πιθανότητα «ανυπακοής» στις αποφάσεις πολιτικής. Η πρώτη προσέγγιση, ουσιαστικά η ABM προσέγγιση, δίνει την επιπλέον δυνατότητα της απεικόνισης των μηχανισμών διαρκούς ανάδρασης μεταξύ των υποκειμένων και του περιβάλλοντος. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία ειδικά για τα περιβαλλοντικά ζητήματα, στα

οποία η κλίμακα χρόνου μελέτης είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με τις αλλαγές που συμβαίνουν στις συμπεριφορές των υποκειμένων. Ωστόσο η ενσωμάτωση των παραπάνω χαρακτηριστικών στην μοντελοποίηση της στερεί την ακρίβεια που έχουν οι άλλες μέθοδοι.

Μία επιπλέον σημαντική δυνατότητα είναι η χρήση τους ως εικονικού εργαστηρίου πειραμάτων. Οι παρατηρήσεις που έχουμε για την κατάσταση του αγροτικού συστήματος από τις διαφορετικές αποφάσεις Αγροτικής Πολιτικής δεν είναι διαχρονικά και διαστρωματικά άμεσα συγκρίσιμες λόγω της ταυτόχρονης μεταβολής πολλών παραμέτρων. Μόνο με στατιστικές και οικονομετρικές μεθόδους μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα, με μειωμένη ωστόσο ερμηνευτική ικανότητα. Η δημιουργία εικονικών καταστάσεων στα οποία θα μπορούμε να πειραματίζομαστε εφαρμόζοντας κανόνες *ceteris paribus* είναι πολύτιμο εργαλείο για τον κοινωνικό επιστήμονα. Η ABM προσέγγιση προσφέρει μεγάλη ευελιξία σε αυτό το θέμα και λόγω ρεαλιστικότερης απεικόνισης της πραγματικότητας αλλά και εξαιτίας των «προγραμματιστικών δυνατοτήτων» της.

Τέλος, ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι η εγγενής, λόγω αρχιτεκτονικής, δυνατότητα που έχουν τέτοια συστήματα για κατανεμημένη επίλυση. Στο πλαίσιο της αγροτικής πολιτικής όπου τα συστήματα είναι σκόπιμο να περιέχουν πολλές μονάδες απόφασης και οι χρόνοι επίλυσης είναι μεγάλοι, η κατανεμημένη παράλληλη επίλυση διευκολύνει, μειώνοντας σημαντικά τους χρόνους και διευκολύνοντας τον ερευνητή.

Συνοψίζοντας, αυτά τα οποία εμείς θα επισημαίναμε σαν αδιαμφισβήτητα πλεονεκτήματα της χρήσης ABM στην μοντελοποίηση της Αγροτικής Πολιτικής είναι ότι αφενός είναι δυναμικά εργαλεία και αφετέρου έχουν την εγγενή δυνατότητα τους ενσωμάτωσης της χωρικής διάστασης και της τοπικότητας των αποφάσεων των παραγωγών. Όπως επίσης επισημάνθηκε η δυνατότητα της μοντελοποίησης των αλληλεπιδράσεων των παραγωγών μεταξύ τους, είτε με την προσομοίωση διάφορων αγορών (π.χ. γης) ή της διάχυσης της τεχνολογίας είναι σημαντικό πλεονέκτημα σε σχέση με τα υπάρχοντα μοντέλα μαθηματικού προγραμματισμού.

Παρακάτω θα παρουσιάσουμε συνοπτικά κάποιες υπάρχουσες εφαρμογές ABM οι οποίες χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των επιπτώσεων από τις αποφάσεις Αγροτικής Πολιτικής.

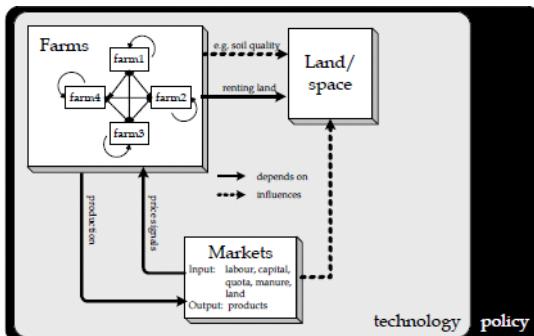
Εφαρμογές-Agripolis

Η εφαρμογή AgriPolS (**A**griculture **P**olicy **S**imulator) προσπαθεί να προσομοιώσει το αγροτικό σύστημα με σκοπό την αξιολόγηση υφιστάμενων ή προτεινόμενων πολιτικών. Η αφετηρία της προσπάθειας αυτής ξεκινάει από τον Balmann (1997) με σκοπό να διερευνήσει την

ύπαρξη «εξαρτημένων διαδρόμων» (path dependency) στην διαδικασία των διαρθρωτικών αλλαγών.

Η εφαρμογή είναι προγραμματισμένη σε C++ και δεν είναι διαθέσιμος ο πηγαίος κώδικας στο κοινό ενώ στηρίζεται σε πολλές υποθέσεις που είναι προσαρμοσμένες στην Γερμανική γεωργία (Kellermann, Happe et al. 2008). Έχει την δυνατότητα να παραμετροποιείται (calibrated) με δεδομένα από το Farm Accountancy Data Network (FADN) και περιφερειακά στατιστικά στοιχεία. Ο βασικός πράκτορας είναι η γεωργική εκμετάλλευση που σκοπό έχει την μεγιστοποίηση του κέρδους της. Η λήψη απόφασης για την παραγωγή και την επένδυση παίρνεται με βάση εξατομικευμένο (για κάθε πράκτορα) ακέραιο μαθηματικό προγραμματισμό. Οι εκμεταλλεύσεις αλληλεπιδρούν μεταξύ τους μέσω των αγορών γής, ποσοστώσεων παραγωγής και δικαιωμάτων διάθεσης αποβλήτων (manure disposal rights). Ο χώρος μοντελοποιείται με δικτυωτό τρόπο (grid) και η κάθε εκμετάλλευση μπορεί να έχει αγροτεμάχια σε διαφορετικά κελιά διαφόρων τύπων εδάφους

Στο παρακάτω διάγραμμα μπορεί κάποιος να δεί την δομή:



Διάγραμμα 1, Η δομή της εφαρμογής Agripolis, πηγή, (Happe, Kellermann et al. 2006)

Υπάρχουν πολλές δημοσιεύσεις οι οποίες χρησιμοποιούν το Agripolis.

Οι Happe και Balmann (2003) διερευνούν διάφορες μορφές άμεσων ενισχύσεων για μία περιοχή της Γερμανίας και διαπιστώνουν ότι οι προτεινόμενες από την Επιτροπή αλλαγές (αποσυνδεδεμένη ενίσχυση) δεν επηρέαζαν σημαντικά τις αγροτικές διαρθρώσεις.

Οι Happe, Balmann et al. (2008) χρησιμοποίησαν το Agripolis για να μελετήσουν την επίπτωση της αποσυνδεδεμένης ενίσχυσης στην διάρθρωση της παραγωγής και στις χρήσεις γης σε δύο περιοχές της Γερμανίας με διαφορετικά διαρθρωτικά χαρακτηριστικά. Επισημαίνουν ότι η αποσύνδεση της ενίσχυσης από την τιμή καθιστά τις οικονομετρικές προσεγγίσεις λιγότερο

αξιόπιστες ενώ το γεγονός ότι δεν υπάρχει ιστορικό προηγούμενο κάνει τις υποθέσεις των συμβατικών προσεγγίσεων αβέβαιες.

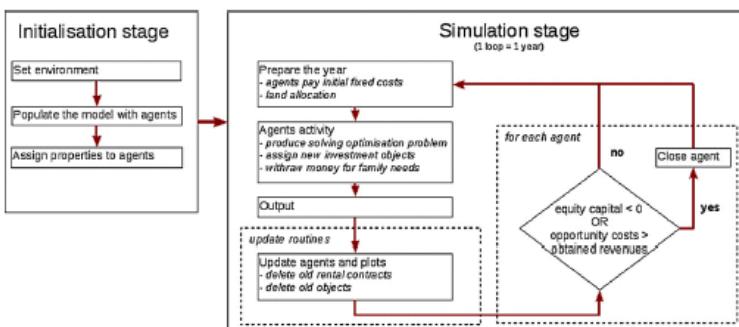
Οι Happe, Hutchings et al. (2011) χρησιμοποιούν το ABM Agripolis για να διερευνήσουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ της δομής των εκμεταλλεύσεων (regional farming structure) και της απώλειας αζώτου (nitrogen losses). Συνδέουν την υπολογιζόμενη μεταβολή της δομής των εκμεταλλεύσεων για δύο σενάρια αγροτικής πολιτικής με ένα μοντέλο υπολογισμού αζώτου (Farm-N), σε βάθος 14 ετών.

Εφαρμογές-RegMAS

Η εφαρμογή RegMAS (**R**egional **M**ulti **A**gent **S**imulator) (Lobianco 2008) είναι ένα ανοικτού κώδικα πολύ-πρακτορικό προγραμματιστικό πλαίσιο μοντελοποίησης στην γλώσσα C++ με σκοπό την δυναμική προσομοίωση των επιπτώσεων των αγροτικών πολιτικών στα γεωργικά συστήματα (μέγεθος εκμεταλλεύσεων, εισοδήματα, χρήσεις γης κ.α.). Χρησιμοποιεί εξατομικευμένο κλασσικό μαθηματικό προγραμματισμό (μικτό ακέραιο προγραμματισμό) για την προσομοίωση της συμπεριφοράς των παραγωγών με σκοπό την μεγιστοποίηση του γεωργικού εισοδήματος του νοικοκυριού τους. Οι παραγωγοί μπορούν να νοικιάσουν γη. Τα δεδομένα των εκμεταλλεύσεων αρχικοποιούνται από το FADN και αυτές κατανέμονται στον χώρο, ο οποίος αποτελεί αναπαράσταση της επιθυμητής περιοχής από δορυφορικούς χάρτες.

Ο Lobianco (2010) χρησιμοποιεί το RegMAS για να διερευνήσει τις συνέπειες της αποδεσμευμένης ενίσχυσης σε μία περιοχή της κεντρικής Ιταλίας από το 2008 έως το 2015.

Στο παρακάτω σχήμα μπορείτε να δείτε την δομή εκτέλεσης της εφαρμογής:

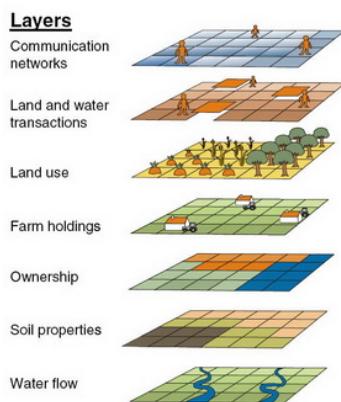


Διάγραμμα 2, Δομή εφαρμογής RegMAS, πηγή: (Lobianco and Esposti 2010)

Εφαρμογές-MP-MAS

Το MP-MAS (Mathematical Programming-based Multi-Agent Systems) είναι μία πολύ-πρακτορική εφαρμογή με σκοπό την προσομοίωση των αλλαγών χρήσεων γης στην γεωργία και την δασοκομία. Συνδυάζει οικονομικά μοντέλα γεωργικών εκμεταλλεύσεων με βιοφυσικά μοντέλα αποδόσεων σε σχέση με την άρδευση και την λίπανση της εκάστοτε γεωργικής πρακτικής (Schreinemachers and Berger 2011). Είναι προγραμματισμένο σε C++ και ο πηγαίος του κώδικας είναι διαθέσιμος σε συνεννόηση με τους δημιουργούς του. Όπως και στα προηγούμενα συστήματα, ο χώρος, είναι αποτυπωμένος σε κελιά και για την προσομοίωση της λήψης απόφασης χρησιμοποιείται μαθηματικός προγραμματισμός. Η βιοφυσική δυναμική εντάσσεται ενδογενώς στην εφαρμογή ενώ είναι υπάρχει προσαρμογή και για την μετάδοση τεχνολογικών καινοτομιών με έμφαση στις αναπτυσσόμενες χώρες. Το MP-MAS είναι κατάλληλο (Berger, Schreinemachers et al. 2009) για την διερεύνηση συστημάτων στα οποία υπάρχει ανταγωνισμός για την χρήση του νερού για άρδευση, την υποβάθμιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του εδάφους και της εισαγωγής τεχνολογικής καινοτομίας. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των εκμεταλλεύσεων μπορεί να λάβει χώρα σε τρία σημεία: Την τοπική αγορά γης, νερού και στην διάχυση της τεχνολογίας.

Στην ιστοσελίδα της εφαρμογής αναφέρονται αρκετές δημοσιεύσεις που έχουν βασιστεί στο MP-MAS, κυρίως για την μελέτη αγροτικών συστημάτων αναπτυσσόμενων χωρών.

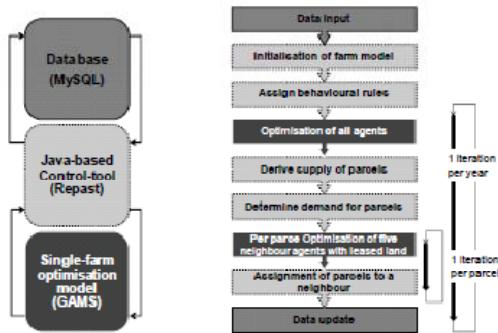


Διάγραμμα 3, Δεδομένα του Προγράμματος MP-MAS, Πηγή: <https://mp-mas.uni-hohenheim.de/>

Εφαρμογές-SWISSLAND

Η εφαρμογή SWISSland (StrukturWandel InformationsSystem Schweiz) έχει σκοπό την όσο το δυνατό ακριβέστερη προσομοίωση της Ελβετικής γεωργίας με σκοπό την βελτίωση των προβλέψεων για τις προτεινόμενες αγροτικές πολιτικές (Mack, Mohring et al. 2011). Το πρόγραμμα είναι γραμμένο σε JAVA και χρησιμοποιεί σαν σύστημα διαχείρισης Βάσης Δεδομένων MySQL και σαν πρόγραμμα μαθηματικού προγραμματισμού το GAMS. Λαμβάνει δεδομένα από το FADN και από άλλες περιφερειακές Βάσεις Δεδομένων και κατανέμει με αντιπροσωπευτικό τρόπο τις εκμεταλλεύσεις του δείγματος. Όπως και στα προηγούμενα συστήματα οι αποφάσεις των παραγωγών στηρίζονται στον μαθηματικό προγραμματισμό και οι αλληλεπιδράσεις λαμβάνουν χώρα μέσω της τοπικής αγοράς γης (Mann, Möhring et al. 2010).

Παρακάτω παρουσιάζεται το τεχνικό σχεδιάγραμμα λειτουργίας



Διάγραμμα 4, Τεχνικό σχεδιάγραμμα και ροή δεδομένων του SWISSland, πηγή: (Mack, Mohring et al. 2011)

Συμπεράσματα – Προτάσεις

Στην χρήση ABM μεθόδων για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της υφιστάμενης ή της σχεδιαζόμενης Αγροτικής Πολιτικής έχουν ήδη γίνει αρκετά βήματα. Εκτός από τα ολοκληρωμένα συστήματα τα οποία παρουσιάστηκαν εδώ, υπάρχουν αρκετές αξιόλογες επισκοπήσεις, κυρίως για την μελέτη των αλλαγών χρήσεων γης στον αγροτικό χώρο (Matthews, Gilbert et al. 2007) (Kaye-Blake, Li et al. 2009) (Parker, Manson et al. 2003) ενώ υπάρχουν και αρκετές πιο εξειδικευμένες προσπάθειες (Millington, Romero-Calcerrada et al. 2008) (Kaufmann, Stagl et al. 2009) (Freeman, Nolan et al. 2009) (Le Bars, Attonaty et al. 2005).

Τα υπάρχοντα ολοκληρωμένα ABM συστήματα έχουν σαν βασικό τους σκοπό την πιστή προσομοίωση της υπάρχουσας πραγματικότητας με αποτέλεσμα να εξειδικεύονται στις περιοχές μελέτης. Όλα είναι δυναμικά και χωρικά υποδείγματα που χρησιμοποιούν μαθηματικό

προγραμματισμό για την μοντελοποίηση της συμπεριφοράς των στοιχειωδών μονάδων προεκτείνοντας με την μοντελοποίηση των αλληλεπιδράσεων των υποκειμένων μέσω αγορών (π.χ. γης, νερού κ.α.).

Η ανάπτυξη ενός ABM μοντέλου για την Ελλάδα, λόγω και των ειδικών χαρακτηριστικών σε σχέση με την βόρειο-ευρωπαϊκή γεωργία, είναι μία ρεαλιστική πρόταση. Ο Lobianco (2007) στην διδακτορική του διατριβή προσάρμοσε το Agripolis στο μεσογειακό περιβάλλον και μελέτησε την επίδραση της εισαγωγής της αποσυνδεδεμένης ενίσχυσης σε δύο διαφορετικού τύπου περιοχές της Ιταλίας. Επισημαίνει ότι η προσαρμογή ήταν σχετικά εύκολη για τα χαρακτηριστικά που διακρίνουν το μεσογειακό αγροτικό οικοσύστημα (ποιοτικές διαφοροποιήσεις από περιοχή σε περιοχή, πολυετείς καλλιέργειες και περιορισμοί άρδευσης).

Μία ακόμα πρόταση είναι η χρησιμοποίηση της ABM προσέγγισης σαν πειραματικό εργαστήριο για την διερεύνηση θεωρητικών υποθέσεων. Όπως έχει αναφερθεί, η αρχή έγινε με τον Balmann (1997). Θέματα που προκύπτουν από την βιβλιογραφία και θα είχε ενδιαφέρον η διερεύνηση τους είναι: Η καλύτερη ενσωμάτωση των εφοδιαστικών αλυσίδων στην αξιολόγηση της Αγροτικής Πολιτικής, η χρήση πιο ρεαλιστικών από τον μαθηματικό προγραμματισμό προσεγγίσεων στην μοντελοποίηση της λήψης απόφασης από τον παραγωγό, η διερεύνηση των μικρο-επιπτώσεων της Αγροτικής Πολιτικής σε συγκεκριμένες ομάδες παραγωγών.

Ακόμα μία πιο φιλόδοξη πρόταση θα ήταν η ανάπτυξη ενός γενικού εύχρηστου εργαλείου το οποίο θα έδινε την δυνατότητα σε επιστήμονες χωρίς γνώσεις προγραμματισμού να διαρθρώνουν τα δικά τους AB μοντέλα, με βασικό προσανατολισμό τον αγροτικό χώρο και την αγροτική πολιτική (Domain specific language).

Βιβλιογραφία

- A.Tzima, F., I. N. Athanasiadis, et al. (2007). Agent-based modelling and simulation in the irrigation management sector: applications and potential. Options Méditerranéennes, Series B: Studies and Research, Proceedings of the WASAMED International Conference.
- Appel, F. and O. Musshoff (2011). How appropriate are myopic optimization models to predict decision behaviour: A comparison between agent-based models and business management games, European Association of Agricultural Economists.
- Axelrod, R. and L. Tesfatsion. (2012). "On-Line Guide for Newcomers to Agent-Based Modeling in the Social Sciences." from <http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/abmread.htm>.
- Axtell, R. (2000). Why agents? On the varied motivations for agent computing in the social sciences. Working Paper 17, Center on Social and Economic Dynamics, Brookings Institution.
- Balmann, A. (1997). "Farm-Based Modelling of Regional Structural Change: A Cellular Automata Approach." European Review of Agricultural Economics **24**(1): 85-108.
- Bandini, S., S. Manzoni, et al. (2009). "Agent Based Modeling and Simulation: An Informatics Perspective." Journal of Artificial Societies and Social Simulation **12**(4): 4.
- Bar-Yam, Y. (1997). Dynamics of complex systems, Perseus Books.
- Berger, T. (2001). "Agent-based spatial models applied to agriculture: a simulation tool for technology diffusion, resource use changes and policy analysis." Agricultural Economics **25**(2–3): 245-260.
- Berger, T., P. Schreinemachers, et al. (2009). "Homepage of MP-MAS." Retrieved 14/5/2012, from <https://mp-mas.uni-hohenheim.de/>.
- Billari, F. C., T. Fent, et al. (2006). Agent-Based Computational Modelling: An Introduction. Agent-Based Computational Modelling, Physica-Verlag HD: 1-16.
- Durlauf, S. N. (1997). What Should Policymakers Know About Economic Complexity?, Santa Fe Institute.
- Ehrentreich, N. (2008). The Rationale for Agent-Based Modeling. Agent-Based Modeling, Springer Berlin Heidelberg. **602**: 5-18.
- Freeman, T., J. Nolan, et al. (2009). "An Agent-Based Simulation Model of Structural Change in Canadian Prairie Agriculture, 1960–2000." Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroéconomie **57**(4): 537-554.
- Gallegati, M. and M. G. Richiardi (2009). Agent Based Models in Economics and Complexity. Encyclopedia of Complexity and Systems Science. R. A. Meyers, Springer New York: 25.
- Gilbert, N. and P. Terna (2000). "How to build and use agent-based models in social science." Mind and Society: Cognitive Studies in Economics and Social Sciences **1**(1): 57-72.
- Grimm, V., U. Berger, et al. (2010). "The ODD protocol: A review and first update." Ecological Modelling **221**(23): 2760-2768.
- Happe, K., A. Balmann, et al. (2003). Structural, efficiency and income effects of direct payments: an analysis of different payment schemes for the German region 'Hohenlohe', EconWPA.
- Happe, K., A. Balmann, et al. (2008). "Does structure matter? The impact of switching the agricultural policy regime on farm structures." Journal of Economic Behavior & Organization **67**(2): 431-444.
- Happe, K., N. J. Hutchings, et al. (2011). "Modelling the interactions between regional farming structure, nitrogen losses and environmental regulation." Agricultural Systems **104**(3): 281-291.
- Happe, K., K. Kellermann, et al. (2006). "Agent-based Analysis of Agricultural Policies : an Illustration of the Agricultural Policy Simulator AgriPolIS , its Adaptation and Behavior." Ecology And Society **11**(1): 49.
- Kaufmann, P., S. Stagl, et al. (2009). "Simulating the diffusion of organic farming practices in two New EU Member States." Ecological Economics **68**(10): 2580-2593.

- Kaye-Blake, W., F. Y. Li, et al. (2009). A review of Multi-Agent Simulation Models in Agriculture. New Zealand Agricultural and Resource Economics Society, 2009 Conference. Nelson, New Zealand: 19.
- Kellermann, K., K. Happe, et al. (2008). AgriPolis 2.1 – Model Documentation. Technical Report, Halle, Saale: IAMO.
- Le Bars, M., J. M. Attonaty, et al. (2005). "An Agent-Based Simulation Testing the Impact of Water Allocation on Farmers' Collective Behaviors." SIMULATION **81**(3): 223-235.
- Lobianco, A. (2007). The effects of decoupling on two Italian regions: An Agent-Based Model. Department of Economics. Ancona, Italy, Polytechnic University of Marche: 116.
- Lobianco, A. (2008). "Online manual of RegMAS (version 1.3.0)." Retrieved 12/5/2012, from <http://www.regmas.org/doc/userManual/>.
- Lobianco, A. and R. Esposti (2010). "The Regional Multi-Agent Simulator (RegMAS): An open-source spatially explicit model to assess the impact of agricultural policies." Comput. Electron. Agric. **72**(1): 14-26.
- Mack, G., A. Mohring, et al. (2011). Farm Entry Policy and Its Impact on Structural Change Analysed by and Agent-based Sector Model. European Association of Agricultural Economists, 2011 International Congress. Zurich, Switzerland, European Association of Agricultural Economists: 13.
- Mann, S., A. Möhring, et al. (2010). "SWISSland Homepage." Retrieved 14/5/2012, from <http://www.agroscope.admin.ch/sozioökonomie/04748/index.html?lang=en>.
- Matthews, R., N. Gilbert, et al. (2007). "Agent-based land-use models: a review of applications." Landscape Ecology **22**(10): 1447-1459.
- Millington, J., R. Romero-Calcerrada, et al. (2008). "An Agent-Based Model of Mediterranean Agricultural Land-Use/Cover Change for Examining Wildfire Risk." Journal of Artificial Societies and Social Simulation **11**(4): 4.
- Niazi, M. and A. Hussain (2011). "Agent-based computing from multi-agent systems to agent-based models: a visual survey." Scientometrics **89**: 479-499.
- Parker, D. C., S. M. Manson, et al. (2003). "Multi-Agent Systems for the Simulation of Land-Use and Land-Cover Change: A Review." Annals of the Association of American Geographers **93**(2): 314-337.
- Schreinemachers, P. and T. Berger (2011). "An agent-based simulation model of human–environment interactions in agricultural systems." Environmental Modelling & Software **26**(7): 845-859.
- Weisbuch, G. (2000). "Environment and institutions: a complex dynamical systems approach." Ecological Economics **35**(3): 381-391.
- Weisbuch, G. and G. Boudjema (2002). Dynamical aspects in the adoption of agrienvironmental measures, Modeling complexity in economic and social systems. Modeling Complexity in economic and social systems. F. Schweitzer, World Scientific: 404.