



АГРАРЕН УНИВЕРСИТЕТ-ПЛОВДИВ

Гр. Пловдив 4000, бул. Менделеев № 12,
Тел: +359 32 654 300, e-mail: rector@au-plovdiv.bg
www.au-plovdiv.bg

ФАКУЛТЕТ ПО ИКОНОМИКА

Докторант Дафинка Василева Грозданова

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен
„доктор” по научна специалност “Икономика и управление”, в професионално
направление 3.8 „Икономика“ на тема:

**ИКОНОМИЧЕСКА ОЦЕНКА И БЪДЕЩИ ПЕРСПЕКТИВИ ЗА
ИЗПОЛЗВАНЕ НА БЕЗПИЛОТНИ ТЕХНОЛОГИИ ПОДПОМАГАЩИ
ЕКОЛОГИЧНАТА ОРИЕНТАЦИЯ И ПРЕЦИЗНОТО ЗЕМЕДЕЛИЕ В
БЪЛГАРИЯ**

**Научен ръководител:
доц. д-р. Минко Георгиев**

Пловдив 2026 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на заседание на Катедрения съвет на катедра „Икономика“ при Факултет по Икономика на Аграрен университет - Пловдив.

Данни за дисертационния труд:

Брой страници - 193

Брой фигури -24

Брой таблици - 27

Брой литературни източници - 160

Брой публикации на докторанта - 4

СЪДЪРЖАНИЕ

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИЯТА	4
1.1. Актуалност на темата	4
1.2. Обект и предмет на изследването.....	4
1.3. Изследователска теза	5
1.4. Цел и задачи на дисертационния труд	5
II. МЕТОДОЛОГИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО	5
III. ЕМПИРИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ	23
3.1. Икономическа оценка на безпилотните и конвенционалните технологии.....	23
3.2. Влияние на безпилотните технологии върху производствената ефективност ..	25
3.3. Екологични ефекти от прилагането на безпилотни технологии	27
3.4. Социални и организационни аспекти на внедряването на безпилотни технологии	28
3.5. Резултати от анкетното проучване сред земеделски производители.....	29
3.6. Регулаторни, институционални и пазарни бариери пред внедряването	31
IV. СТРАТЕГИЧЕСКИ ПЕРСПЕКТИВИ И МОДЕЛИ ЗА ВНЕДРЯВАНЕ НА БЕЗПИЛОТНИ ТЕХНОЛОГИИ	32
4.1. SWOT оценка на средата за внедряване на безпилотни технологии в интензивните и екстензивни селскостопански системи в България	32
4.2. Възможности за развитие на безпилотните технологии в българското земеделие	33
4.3. Авторски инструмент за самооценка на приложимостта на безпилотни технологии на стопанско ниво	35
V. ИЗВОДИ И ПРЕПОРЪКИ	39
VI. ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННОТО ИЗСЛЕДВАНЕ И ПРИЛОЖИМОСТ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО	40
Научно-теоретични приноси	40
Научно-приложни приноси	40
Приложимост на резултатите от изследването	41
ПУБЛИКАЦИИ СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД	43

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

1.1. Актуалност на темата

Актуалността на изследването се определя от необходимостта да се трансформира съвременното земеделие към по-висока икономическа ефективност, устойчивост и екологична ориентация. В контекста на нарастващото население, ограничените ресурси и повишените изисквания за качество на храните, продоволствена сигурност и хранителния суверенитет, аграрният сектор е изправен пред необходимостта от внедряване на иновативни технологични решения. Безпилотните системи в изследването се разглеждат като автономни или дистанционно управлявани технологични платформи, предназначени за изпълнение на задачи без наличие на оператор на борда, чрез използване на сензори, комуникационни технологии и софтуерни алгоритми за управление. В този контекст прецизното земеделие и безпилотните технологии се утвърждават като ключов инструмент за оптимизиране на производствените процеси, повишаване на ефективността и намаляване на въздействието върху околната среда. Политиките на Европейския съюз, включително Общата селскостопанска политика и Европейския зелен курс, допълнително стимулират този процес.

Въпреки това, по отношение на българските условия, има ограничения, свързани със структурните характеристики на сектора, ограничен инвестиционен капацитет и недостатъчна емпирична база относно икономическата ефективност на тези технологии.

Научният проблем е свързан с липсата на задълбочени икономически изследвания за внедряването на безпилотни технологии в прецизното земеделие в България.

1.2. Обект и предмет на изследването

Обект на изследването е аграрният сектор на Република България, с фокус върху растениевъдството.

Предмет на изследването са икономическата ефективност, приложимостта и перспективите за развитие на безпилотните технологии като инструмент за устойчиво управление в прецизното земеделие. Дефиницията на ЕС за устойчиво земеделие изисква да се оцени не само икономическия аспект на иновативните технологии, но и техните екологични и социални аспекти. Освен това, за внедряването на иновативните технологии в отделните държави-членки, това също е ключова точка за оценка и на

институционалния им аспект. За постигане на поставената цел са формулирани следните основни задачи:

1. анализ на теоретичните и политическите предпоставки за дигитализация на земеделието;
2. систематизиране на научните изследвания в областта;
3. икономическа оценка на внедряването на безпилотни технологии (на пример с царевица);
4. сравнителен анализ с конвенционални технологии;
5. изследване на нагласите на земеделските производители;
6. идентифициране на факторите за внедряване;
7. разработване на сценарии за развитие.

1.3. Изследователска теза

Изследователската теза е, че внедряването на безпилотни технологии създава предпоставки за повишаване на икономическата ефективност, устойчивостта и ресурсната оптимизация в растениевъдството, като степента на приложението им зависи от икономически, институционални и технологични фактори.

1.4. Цел и задачи на дисертационния труд

Целта на изследването е да се извърши икономическа оценка на използването на безпилотни технологии в прецизното земеделие в България и да се анализират бъдещите перспективи за тяхното развитие в контекста на екологичните политики на Европейския съюз и принципите за устойчиво развитие в аграрния сектор.

В тази връзка за целите на изследването безпилотните технологии се разглеждат като автономни или дистанционно управлявани технологични платформи и/или системи, предназначени за изпълнение на задачи без наличие на оператор на борда, чрез използване на сензори, комуникационни технологии и софтуерни алгоритми за управление.

II. МЕТОДОЛОГИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Методологията на изследването се основава на интегриран аналитичен подход, включващ икономически, технологични, екологични, социални и институционални аспекти на разглеждания обект. Изследването стъпва върху концепцията за устойчиво

развитие, интерпретирана чрез нейните основни измерения - икономическо, екологично, социално и институционално, което позволява осъществяването на комплексен и системен анализ на изследваните алтернативи. В своя общ вид концептуалният модел включва четири основни блока:

1. технологичен блок - разглежда използваните технологични решения и тяхната функция в производствения процес;
2. икономически блок - обхваща разходите, производителността, икономията на ресурси и възвръщаемостта;
3. екологичен и социален блок - включва ефекта върху почвата, употребата на ресурси, организацията на труда и изискванията към квалификацията;
4. институционален блок - отчита влиянието на регулаторната, организационната и пазарната среда, включително транзакционните разходи.

Връзките между тези блокове са двупосочни. Технологичният избор влияе върху икономическите резултати, но самият той се определя от институционалните условия, достъпа до капитал и организационния капацитет на стопанството. По същия начин екологичните и социалните ефекти не са независими от икономическата ефективност, тъй като влияят върху добивите, допълнителните обработки, трудовата организация и дългосрочната устойчивост на производството.

Интеграцията на концептуалния модел в емпиричния анализ се осъществява чрез адаптирането на общата теоретична рамка към конкретния обект и методология на настоящото изследване. Докато концептуалният модел очертава основните взаимовръзки между технологичните, икономическите и организационните фактори при внедряването на безпилотни системи в земеделието, второто равнище на рамката показва тяхното практическо приложение в контекста на дисертационното изследване. Настоящото изследване е фокусирано върху производството на царевица в България, което е избрано поради стратегическото значение на културата, високата степен на механизация и наличието на производствени операции, при които използването на безпилотни технологии може да бъде икономически оценено и сравнено с конвенционалните решения в реални производствени условия.

Изборът на технологиите е защитен на три основания. Първо, те представят различни нива на технологична сложност и автоматизация. Второ, имат пряко приложение при конкретни производствени операции, които позволяват икономическо сравнение. Трето, дават възможност да се анализира не само технологичната, но и организационната и институционалната приложимост на безпилотните решения в българските условия.

Съпоставката между технологиите не се извършва по принципа „машина срещу машина“, тъй като изследваните решения се различават по мащаб, функционално предназначение и степен на автономност. Методологичният подход се основава на сравнителен анализ на изпълнението на съпоставими агротехнически дейности като оран, пръскане, култивиране и прибиране на реколтата. Оценяват се показатели, свързани с ефективността, приложимостта, възможностите за интеграция, както и технологичните и икономическите резултати.

Съпоставката е изградена върху единна аналитична рамка, включваща сравнение по вид на извършваната операция, функционално приложение и икономически показатели като разходи на единица площ, разход на труд, енергия, гориво, амортизация и възвръщаемост. Анализирани са въздушни безпилотни системи, автономни наземни платформи, конвенционална земеделска техника и пилотирувани авиационни технологии. Това позволява сравняване на решения с различен мащаб и конструкция чрез общ набор от показатели, приложени към една и съща производствена задача.

Методите и тяхната последователност в емпиричния анализ се прилагат като взаимно допълващи се аналитични стъпки, а не като паралелни инструменти за повторно потвърждение на едни и същи резултати. Приложена е следната последователност.

На първия етап е приложен систематичен литературен преглед, в съответствие с принципите на систематичност и надеждност (Snyder, 2019), чрез който се изясняват съдържанието на понятието „безпилотни технологии“, мястото им в системата на устойчивото и прецизното земеделие и съществуващите подходи за тяхната икономическа оценка. За целите на анализа са използвани международни научни бази данни, сред които Google Scholar, Scopus, Web of Science, Elsevier и др. Допълнително са анализирани европейските и националните правни и регулаторни рамки, както и национални и международни статистически и институционални източници, включително данни от Министерството на земеделието, Националния статистически институт, Евростат, FAOSTAT и Мрежата за земеделска счетоводна информация.

На втория етап е проведен сравнителен икономически анализ между безпилотни и конвенционални технологии, приложими при производството на царевича в България. Като референтна технология е използвана тракторна конфигурация John Deere 5505 с 6-метрова прикачна пръскачка AMAZONE, типична за малки стопанства (50-150 ha) при работна норма около 80-100 l/ha, както и за средни стопанства (300-500 ha) при норма около 100 l/ha. Тази конфигурация служи като база за сравнение с дрона XAG P40, трактор с 12-метрова пръскачка AMAZONE, самолета Ан-2, както и с автономните системи NEXAT и XAVER. Съпоставката е извършена чрез унифицирани

показатели: разходи на единица площ (€/ha), норма на приложение (l/ha), разход на енергия или гориво, време за обработка на 1 ha, амортизационни отчисления, разходи за труд и ефект върху добива (kg/ha), при идентични агроклиматични условия и среден добив 5500 kg/ha. Именно този унифициран показателен набор прави възможно сравняването на технологии с различен мащаб и технологична функция.

Икономическият анализ обхваща както преките производствени разходи - гориво, труд, препарати за растителна защита, минерални торове и амортизация на техниката, така и непреките разходи, свързани с организационното функциониране на стопанството. Самостоятелен аналитичен компонент представляват транзакционните разходи за търсене и обработка на информация, договаряне, координация, контрол и мониторинг на технологичните операции. Включването им разширява оценката отвъд чисто технологичната ефективност и позволява измерване на реалната икономическа целесъобразност на сравняваните решения.

На третия етап е анализирано екологичното измерение на технологичния избор. То се фокусира върху въздействието на технологиите върху почвената структура, като степента на уплътняване се разглежда като фактор с пряко отражение върху добивите, необходимостта от допълнителни обработки и дългосрочната продуктивност. Допълнително е оценена ефективността при използването на продукти за растителна защита и торове от гледна точка на оптимизация на вложените количества и ограничаване на негативните външни ефекти.

На четвъртия етап е разгледано социалното измерение, включващо въздействието върху организацията и условията на труд, степента на технологично обновяване и промените в изискванията към квалификацията и компетентностите на работната сила.

На петия етап е анализирано институционалното измерение, което разглежда влиянието на нормативната, регулаторната и организационната среда върху внедряването и използването на безпилотни технологии в земеделието. В този контекст е анализирана действащата национална и европейска правна рамка, включително регулациите, свързани с използването на безпилотни летателни системи и правилата за прилагане на технологии за прецизно земеделие. Особено внимание е отделено на институционалните фактори, които влияят върху разпространението на технологичните иновации - права на собственост, регулаторни ограничения, административни процедури и степента на институционална подкрепа.

Емпиричната част е допълнена чрез анкетно проучване, насочено към земеделски производители, отглеждащи царевица. Чрез него се анализират нагласите на

стопаните относно внедряването на безпилотни технологии, степента на технологична готовност и потенциалът за тяхното интегриране в практиките на устойчивото земеделие. За стратегическа оценка на външната и вътрешната среда е приложен SWOT анализ, а в заключителния етап е извършена и оценка на риска, при която са идентифицирани основните фактори, ограничаващи по-широкото прилагане на безпилотни системи.

Рамката отразява **триадата на взаимодействие между ключовите измерения на устойчивостта** и показва, че ефектите от внедряването на технологиите не могат да бъдат разглеждани изолирано, а следва да се анализират в контекста на комплексни взаимовръзки между ефективност, устойчивост и институционална среда.

Това произтича от обстоятелството, че реалните зависимости между факторите са значително по-сложни, отколкото могат да бъдат изчерпателно представени в рамките на аналитична схема. За целите на изследването тези зависимости са концептуално опростени и обобщени, което улеснява аналитичния процес, но същевременно предполага известна загуба на детайлност. В този контекст **надеждността на получените резултати** е в съществена степен обусловена от качеството, достоверността и представителността на използваните емпирични данни. **Ограничения в наличността, сравнимостта или актуалността на емпиричната информация могат да окажат влияние върху точността на изводите.** Въпреки това приложената методологична рамка създава достатъчно надеждна основа за икономическа, екологична и институционална оценка на безпилотните технологии и за последваща емпирична верификация.

Обосновка на избора на производството на царевица като емпиричен фокус

В дисертационния труд е приложен сравнителен казусен подход с цел оценка на възможностите за внедряване на безпилотни технологии в българското земеделие. В рамките на този подход изборът на конкретна култура има ключово значение, тъй като трябва да осигури достатъчна аналитична съпоставимост между различни технологични решения, приложени при сходни производствени условия. В този смисъл царевицата е избрана като емпиричен фокус на изследването въз основа на икономически, технологични и методологични аргументи.

На първо място, царевицата е една от основните зърнени култури в България и Европейския съюз и заема значителен дял от обработваемите площи. Тя има важно значение за фуражното производство, хранително-вкусовата промишленост и редица

индустриални приложения, което определя висока икономическа релевантност на анализа. Поради това всяка технологична промяна, която влияе върху ефективността на производството, разходите или ресурсното използване при тази култура, има по-широко стопанско значение.

На второ място, производството на царевица се характеризира с ясно структурирани и повторяеми агротехнически операции, сред които сеитба, торене, растителна защита и управление на водния режим. Това създава добра основа за анализ на технологии, които са насочени към прецизно изпълнение на конкретни производствени дейности. Именно при такива операции безпилотните технологии намират най-пряко приложение, тъй като позволяват по-точно наблюдение, локализиране и третиране и по-ефективно използване на входящите ресурси.

На трето място, редовата структура и технологичните особености на царевицата я правят подходяща за интегриране на решения за прецизно земеделие и автоматизация. В сравнение с други широко разпространени култури тя предоставя по-широки възможности за приложение на различни типове безпилотни технологии в рамките на целия производствен цикъл. Това позволява да се проследят не само отделни технически ефекти, а и по-широки икономически, екологични и организационни последици от внедряването на такива решения.

На четвърто място, царевицата е аналитично подходящ обект за сравнителен подход, тъй като при нея сравнително ясно могат да се разграничат операции, при които конвенционални и безпилотни решения изпълняват сходни функции. Това създава предпоставки за по-надеждна съпоставка между различни технологични варианти и за оценка на техните ефекти върху производствените разходи, използването на труд, ресурсната ефективност и общата икономическа резултатност на стопанството.

Изборът на царевицата като емпиричен фокус е обоснован и от спецификата на българското земеделие. Производството ѝ е чувствително към климатични колебания, ценова нестабилност и ограничения в трудовите ресурси, което повишава значението на технологии, насочени към по-прецизно управление и намаляване на загубите. В този смисъл културата предоставя подходяща среда за изследване на това доколко безпилотните технологии могат да подобрят икономическата ефективност и да създадат предпоставки за по-устойчиво управление на производствения процес.

Следователно изборът на производството на царевица не е случаен, а произтича от съчетанието между икономическа значимост, технологична приложимост и аналитична пригодност. Именно тези характеристики я правят подходяща моделна

култура за оценка на възможностите и ограниченията при внедряването на безпилотни технологии в условията на българското земеделие.

Информационна база, времеви и географски обхват на изследването

Изследването се основава на комбинация от **първични и вторични източници** на информация, което създава предпоставки за по-висока надеждност и съпоставимост на резултатите. **Първичните данни** са формирани чрез анкетно проучване сред земеделски стопани, теренни наблюдения, анализ на практически казуси, участие в демонстрационни опити и експертни оценки. **Вторичните източници** включват научни публикации, доклади на национални и международни институции, статистически бази данни, както и стратегически и нормативни документи, свързани с дигитализацията и устойчивото развитие на аграрния сектор. Успоредно с това на европейско равнище се активизира политическата и институционалната подкрепа за устойчивост, иновации и цифров преход в земеделието, включително чрез Общата селскостопанска политика, Европейската зелена сделка и стратегията „От фермата до трапезата“. Тази динамика създава благоприятна основа за анализ на съвременните тенденции и ефектите от внедряването на безпилотни технологии в земеделското производство.

Географският обхват на изследването е ограничен до Република България, като анализът отчита и регионалните различия на ниво NUTS 2. Страната представлява подходящ обект на изследване поради структурната поляризация на аграрния сектор, неравномерното технологично развитие и различията в достъпа до иновации. Същевременно България функционира в рамките на общата европейска аграрна политика, което позволява съпоставка между националните особености и стратегическите цели на Европейския съюз.

Система от показатели и интегративен подход за оценка на икономическите, екологичните и социалните ефекти

В настоящото изследване оценката на безпилотните технологии се основава на интегративен подход, обединяващ икономическото, екологичното и социалното измерение на устойчивостта. Необходимостта от подобен подход произтича от факта, че технологичните решения в земеделието едновременно влияят върху финансовите резултати, използването на ресурсите и организацията на труда, поради което тяхната ефективност не може да бъде оценявана едностранчиво или изолирано. Интегративният подход служи като методологична рамка за структуриране на анализа, подбора на

показатели и интерпретацията на резултатите. Чрез него се проследяват не само преките ефекти от внедряването на безпилотните технологии, но и взаимовръзките между икономическите, екологичните и социалните аспекти на устойчивостта. По този начин оценката надхвърля текущата икономическа ефективност и обхваща потенциала на технологиите да подпомагат по-прецизно, ресурсно ефективно и устойчиво управление на производствения процес.

Изборът на този подход е обусловен от ограниченията на едностранчивите анализи, разглеждащи устойчивостта само в икономически или екологичен аспект. В рамките на интегративната оценка се приема, че между отделните измерения съществуват функционални зависимости. Икономическата ефективност влияе върху инвестиционните решения и внедряването на иновации, екологичните ефекти определят изискванията към производствените практики и ресурсното използване, а социалните последици засягат организацията на труда, квалификационните изисквания и степента на технологично възприемане. Поради това устойчивостта се разглежда не само като резултат, а и като посока на развитие, в която безпилотните технологии могат да подпомогнат екологичната ориентация и разширяването на практиките на прецизното земеделие в България.

За целите на изследването е изградена система от показатели, групирани в три основни измерения – икономическо, екологично и социално. Икономическото измерение включва показатели като оперативни разходи на единица площ, инвестиционни и транзакционни разходи, печалба, рентабилност и възвръщаемост на инвестицията. Те позволяват оценка на икономическата целесъобразност и ефективността при използването на безпилотни технологии.

Екологичното измерение обхваща показатели, свързани с използването на ресурси и въздействието върху околната среда, включително норми на приложение на препарати и торове, разход на енергия, степен на прецизност на операциите и влияние върху почвената структура. Чрез тях се оценява потенциалът на технологиите да ограничават ресурсните загуби и негативните екологични ефекти.

Социалното измерение включва показатели, свързани със заетостта, условията на труд, степента на автоматизация и изискванията към квалификацията на работната сила. Те позволяват да се анализира влиянието на технологичните промени върху организацията на труда и адаптивността на земеделските производители към иновации.

Обработката на данните се осъществява чрез сравнителен и оценъчен анализ с използване на количествени и качествени аналитични техники. Комбинирането на тези

подходи позволява триангулация на резултатите и създава основа за по-балансирана интерпретация на ефектите от внедряването на безпилотните технологии. Анализът не се ограничава до описание на текущото състояние, а предоставя възможност за структурирана оценка на потенциала за по-широко приложение на тези технологии при различни икономически и институционални условия.

Въпреки своите предимства, подходът има и определени ограничения. Интегративният модел неизбежно опростява част от сложните взаимовръзки между отделните измерения на устойчивостта. Освен това част от екологичните и социалните показатели са трудни за пряко количествено измерване, което налага използването на експертни оценки и допълнителна интерпретация. Резултатите зависят и от качеството, обхвата и представителността на наличните данни, което изисква аналитична предпазливост при формулирането на изводите.

Независимо от тези ограничения, интегративният подход позволява цялостна и балансирана оценка на безпилотните технологии в земеделието, като отчита както преките икономически ефекти, така и по-широките екологични и социални последици от тяхното внедряване. Именно това го прави подходяща методологична основа за настоящото дисертационно изследване.

Методи за икономически анализ на безпилотни и конвенционални технологии

В настоящия раздел се разработва методологичен подход за икономическа оценка на внедряването на безпилотни технологии в земеделските стопанства чрез прилагане на подхода на транзакционните разходи. Изборът на този подход е обусловен от необходимостта икономическата ефективност да бъде оценявана не само чрез преките производствени разходи, но и чрез разходите, свързани с организацията, координацията и управлението на производствения процес.

Икономическата логика на анализа се основава на разширено разбиране за разходите, при което общите разходи на стопанството се разглеждат като съвкупност от преки, непреки и транзакционни разходи. В този контекст ефектът от внедряването на безпилотни технологии се изразява не само в промяна на себестойността на продукцията, но и в потенциално намаляване на разходите за информация, координация, контрол и вземане на решения.

Теоретичната основа на анализа се базира на концепцията за транзакционните разходи в рамките на институционалната икономическа теория (Williamson & Masten, 1999); (Masten, 2000). Приложният модел за тяхното измерване следва методологията на

(Georgiev, M.; Roycheva, A., 2017), адаптирана към спецификата на земеделските стопанства в България.

В рамките на анализа разходите се разграничават в три основни категории. Първата категория включва преките разходи, които са пряко свързани с производството - семена, торове, препарати, горива, труд и амортизация на техниката. Втората категория обхваща непреките разходи, свързани с административното обслужване и общото управление на стопанството. Третата категория включва транзакционните разходи, свързани с координацията и управлението на дейностите, като към тях се отнасят разходите за събиране и обработка на информация, договаряне и мониторинг, координация на производствените процеси, управление на риска и несигурността, както и разходите, свързани с планиране, промяна на решения и разрешаване на спорове.

За целите на количествената оценка част от транзакционните разходи се измерват чрез метода на времевите разходи. При него времето, необходимо за извършване на управленски и координационни дейности - мониторинг, обработка на данни и вземане на решения се преобразува в стойностен еквивалент чрез използване на почасова ставка на труда. Това позволява в общата структура на разходите да бъдат включени и онези дейности, които не се проявяват пряко като материален разход, но оказват реално влияние върху икономическата ефективност на стопанството.

Икономическата ефективност от внедряването на безпилотни технологии се оценява чрез система от показатели, изчислени на база общите разходи и реализираните резултати. Основните показатели включват рентабилност, измерена чрез съотношението между печалбата и общите разходи, възвръщаемост на инвестициите, изразяваща съотношението между допълнителната печалба и инвестиционните разходи, както и икономия на ресурси, измерена чрез намалението на разходите при внедряване на технологията спрямо базовия вариант.

Емпиричната основа на анализа се формира чрез анкетно проучване сред земеделски стопани, чрез което се събират първични данни за отделните компоненти на разходите и тяхната динамика. Тази информация създава възможност както за количествено измерване на транзакционните разходи, така и за анализ на връзката между технологичното ниво на стопанствата и тяхната икономическа ефективност. Методът се прилага при съпоставка между безпилотни и конвенционални технологични решения, включени в емпиричния дизайн на изследването.

Очакваният резултат от прилагането на този подход е установяване на степента, в която внедряването на безпилотни технологии води до намаляване на транзакционните разходи и до подобряване на общата икономическа ефективност на земеделските

стопанства. Основното предимство на метода е, че позволява да се анализира въздействието на технологиите не само върху преките производствени разходи, но и върху организационните и управленските процеси в стопанството.

Ограниченията на метода произтичат от трудността при точното количествено измерване на част от транзакционните разходи и от възможната субективност на респондентските оценки. Поради това резултатите следва да се интерпретират с необходимата аналитична предпазливост и в съпоставка с други източници на информация.

Организация и методика на анкетното проучване

За целите на изследването е проведено анкетно проучване, чрез което се събират първични емпирични данни относно нагласите, инвестиционните намерения и възприеманите ограничения при внедряването на безпилотни технологии в производството на царевица. Анкетният метод позволява стандартизирано събиране на информация и последващ количествен анализ на поведенческите и икономическите характеристики на земеделските стопани.

Основната цел на проучването е да се оцени степента на готовност на производителите на царевица за внедряване на безпилотни технологии в българския аграрен сектор. В рамките на изследването се анализират нивото на информираност, инвестиционните намерения, очакваните икономически ползи, както и възприеманите ограничения и бариери пред технологичното обновяване.

Генералната съвкупност на изследването обхваща 14 460 земеделски стопанства, заявили площи с царевица, като формирането на извадката е осъществено чрез стратифициран подход, при който земеделските стопанства са групирани по два основни критерия: географски регион (Северна и Южна България) и размер на стопанството, определен според площта с царевица.

Планираният обем на извадката възлиза на 114 единици, като размерът ѝ е определен чрез метода на оптималното (Нейманово) разпределение, който позволява минимизиране на дисперсията на оценките при зададен обем и отчитане на структурата на генералната съвкупност. Реализираният обем на извадката включва 35 валидни отговора от земеделски стопани, което съответства на коефициент на отговор 30,7%. В анализа са включени единствено реално получените валидни отговори. Част от потенциалните респонденти не са участвали поради отказ, недостъпност или други обективни причини. Това следва да се отчита като ограничение на изследването, тъй като е възможно наличие на селекционно изкривяване и ограничена представителност на

резултатите. Поради това изводите от анкетното проучване следва да се интерпретират предимно в аналитичен, а не в строго представителен план.

Събирането на данните е осъществено чрез електронни писма и онлайн платформа (Google Forms), което позволява обхващане на респонденти от различни региони на страната и улеснява обработката на информацията. Събирането и обработката на данните от анкетното проучване 2024-2025 г.

Анкетният инструмент е разработен в съответствие с концептуалния модел на изследването и осигурява ясна връзка между изследователските цели, емпиричните въпроси и аналитичните променливи. Въпросникът включва два основни блока.

Първият блок обхваща променливи, характеризиращи структурния профил на стопанствата - географско местоположение, размер на обработваемата площ, площ с царевица, ресурсна обезпеченост (работна сила и техника) и ниво на технологична обезпеченост. Тези показатели изпълняват ролята на обясняващи променливи и позволяват формиране на сравнителни групи при анализа.

Вторият блок е насочен към изследване на поведенческите нагласи и инвестиционните намерения на земеделските стопани. Включени са променливи, измерващи готовността за използване и закупуване на безпилотни технологии, намеренията за инвестиране, очаквания размер на публична финансова подкрепа, както и възприеманите ограничения. Сред основните ограничения се разглеждат високата цена, липсата на практически опит, възприеманият риск, административните затруднения и възможното влияние върху заетостта.

Въпросите във въпросника са формулирани предимно със затворени отговори. Използвани са както дихотомични варианти („да/не“), така и различни категории отговори, включително диапазони и степенни оценки. Това позволява по-точно измерване на нагласите и създава условия за последващ количествен анализ, групиране на респондентите и проверка на зависимости между структурните характеристики на стопанствата и отношението към внедряването на безпилотни технологии.

Допълнително като методи за обработка и анализ на емпиричните данни са приложени сравнителен разходен анализ, анализ на транзакционните разходи, SWOT анализ и сценарийно моделиране, χ^2 хи-квадрат анализа като всеки от тези методи изпълнява специфична роля в общата аналитична рамка.

χ^2 хи-квадрат анализа е използван при анкетните проучвания в социално-икономическите изследвания, тъй като работи с категорийни данни и принадлежи към групата на непараметричните статистически методи (Babbie, 2020). Методът се прилага за установяване на наличие или отсъствие на статистически значима зависимост между

две категориални променливи. В контекста на настоящото изследване той позволява да се оцени дали наблюдаваните различия в нагласите на земеделските стопани могат да бъдат свързани със структурните характеристики на стопанствата.

Наред с това следва да се отчетат и ограниченията на χ^2 анализа. Тестът позволява установяване на зависимости между променливите, но не доказва причинно-следствени връзки. Надеждността на анализа зависи от разпределението на наблюденията по категории, като ниските честоти в отделни клетки могат да намалят статистическата стабилност. Допълнително ограничение е сравнително малкият размер на извадката – 35 валидни отговора, което води до по-ниска статистическа мощност и налага предпазливост при интерпретацията на резултатите.

В този контекст χ^2 анализът се използва основно за идентифициране на тенденции и зависимости, а не за извеждане на статистически представителни изводи за генералната съвкупност. Въпреки тези ограничения методът представлява подходящ инструмент за анализ на категориални данни и позволява обоснована емпирична оценка на връзките между характеристиките на земеделските стопанства и готовността им за внедряване на безпилотни технологии.

В настоящото изследване стратегическият анализ не се основава на един единствен метод, а на съвкупност от взаимодопълващи се аналитични подходи, които изпълняват различни функции в общата изследователска логика. В този смисъл едни от тях служат за синтезиране на емпиричните резултати, други за структуриране на анализа на външната и вътрешната среда, а трети за моделиране на бъдещи посоки на развитие.

Допълнително са приложени сравнителен разходен анализ, анализ на транзакционните разходи, SWOT анализ и сценарийно моделиране.

SWOT анализът е използван като инструмент за обобщаване и систематизиране на резултатите от емпиричния анализ, свързан с внедряването на безпилотни технологии в българското земеделие. Неговата основна функция е да синтезира установените фактори в структуриран вид, като обхване както икономическите, така и институционалните аспекти на процеса.

Използването на SWOT анализа е обусловено от необходимостта да се интегрират резултатите от количествения анализ, икономическата оценка и анализа на институционалната среда. В този смисъл методът не се прилага като самостоятелен доказателствен инструмент, а като средство за интерпретация и стратегическо обобщение на емпиричните резултати.

SWOT анализът се основава на няколко основни източника на информация:

- резултатите от анкетното проучване сред земеделските стопани;

- резултатите от статистическия анализ, включително χ^2 анализа;
- резултатите от икономическата оценка и анализа на транзакционните разходи;
- анализа на институционалната и регулаторната среда;
- данни от научната литература.

Разработването на SWOT анализа включва систематизиране на факторите в четири основни категории:

- силни страни (Strengths) - вътрешни икономически и организационни предимства, като повишена ефективност, икономия на ресурси и подобрена управляемост на производствените процеси;
- слаби страни (Weaknesses) - вътрешни ограничения, включително високи инвестиционни разходи, липса на практически опит и ограничен достъп до технологии;
- възможности (Opportunities) - външни фактори, свързани с икономическата и институционалната среда, като достъп до финансиране, политики за дигитализация и подкрепа за иновации;
- заплахи (Threats) - рискове, включително пазарна несигурност, регулаторни ограничения и административни бариери.

За ограничаване на субективността при формирането на SWOT матрицата е приложена процедура на верификация чрез съпоставка между различни източници на информация. Факторите са проверени спрямо резултатите от анкетното проучване, статистическия анализ и икономическата оценка, както и спрямо данните от научната литература и институционалния анализ.

SWOT анализът не се използва за доказване на зависимости, а за тяхната интерпретация в по-широк икономически и институционален контекст. Основното ограничение на метода произтича от неговия качествен характер и от възможната субективност при класифицирането на факторите.

Подход „отгоре-надолу“ и „отдолу-нагоре“ като рамка за структуриране на анализа

Подходите „отгоре-надолу“ и „отдолу-нагоре“ са използвани като взаимнодопълваща се рамка за структуриране на анализа на внедряването на безпилотни технологии в българското земеделие. Методът „отгоре-надолу“ е приложен като инструмент за анализ на външната икономическа, институционална и регулаторна среда, в която се осъществява технологичната модернизация на сектора. В рамките на изследването чрез него се анализират аграрната политика, механизмите за подпомагане,

нормативната рамка и условията за дигитализация на земеделието, както и финансовите инструменти, подпомагащи инвестициите в нови технологии. Ролята на метода е да идентифицира външните възможности и ограничения пред внедряването на безпилотни технологии и да оцени доколко институционалната среда създава стимули или бариери за използването на дроне и други прецизни технологии в земеделските стопанства.

Методът „отдолу-нагоре“ е използван за емпиричен анализ на поведението и характеристиките на земеделските стопанства. Ролята на метода е да осигури емпирична основа на изследването и да покаже реалното състояние на внедряването на безпилотни технологии на ниво стопанство. За разлика от подхода „отгоре-надолу“, който анализира външната среда, този метод разкрива вътрешните фактори и ограничения. Той следва логика от частното към общото, като на база на микроикономически данни се извеждат обобщения за сектора (Kintsch W. , 2005); (Kintsch W. P., 2011); (Casazza & Pianigiani, 2016). Комбинирането на двата подхода позволява съпоставяне между външната институционална среда и вътрешната логика на стопанското поведение, като анализът обхваща едновременно политиките и условията за подкрепа, както и реалните ограничения, решения и инвестиционни нагласи на земеделските производители.

Backcasting като метод за сценарно моделиране

Методът на обратното прогнозиране (backcasting) е използван за стратегическо моделиране на бъдещото развитие на внедряването на безпилотни технологии в българското земеделие. За разлика от традиционните прогностични подходи, които се основават на екстраполация на текущите тенденции, backcasting започва от предварително дефинирано желано бъдещо състояние и извежда необходимите условия и стъпки за неговото постигане.

В рамките на изследването желаното състояние се свързва с по-широко внедряване на безпилотни технологии, характеризиращо се с по-висока ефективност, намалени транзакционни разходи и по-устойчиво управление на производството. На тази основа се идентифицират необходимите икономически, институционални и технологични предпоставки за реализиране на подобна трансформация.

Ролята на метода е да свърже емпиричните резултати с бъдещите възможности за развитие на сектора и да очертае реалистични сценарии за технологична модернизация. Чрез него се оценява какви политики, инвестиции и организационни промени биха подпомогнали по-широкото внедряване на безпилотни технологии. Ограниченията на метода произтичат от зависимостта му от избраната визия за бъдещето и от аналитичната интерпретация на условията за нейното постигане.

ABCD метод като инструмент за подреждане на стратегическия анализ

ABCD методът (Awareness - Baseline - Creative solutions - Decide) е приложен като инструмент за структуриране на стратегическия анализ. Методът е разработен в рамките на Рамката за стратегическо устойчиво развитие (Broman & Robert, 2015); (Broman & Robèrt, 2017) и се използва не като самостоятелен доказателствен метод, а като логическа схема за подреждане на анализа в последователни етапи.

В контекста на изследването отделните етапи изпълняват следните функции:

Awareness - формулиране на визия за внедряване на безпилотни технологии в България и осъзнаване на стратегическата необходимост от технологична модернизация;

Baseline - анализ на текущото състояние въз основа на емпиричните данни, икономическата оценка и институционалния анализ;

Creative solutions - разработване на възможни решения и сценарии, включително чрез прилагане на backcasting;

Decide - определяне на приоритети и очертаване на практически насоки за действие.

Методът служи като рамка, която подрежда последователно резултатите от икономическия, статистическия и институционалния анализ и ги превежда към стратегически изводи.

Рамка на петте нива на устойчивостта

В рамките на дисертационното изследване тази рамка се прилага за оценка на икономическите, екологичните и институционалните ефекти от внедряването на безпилотни технологии. Чрез нея се създава връзка между емпиричния анализ и стратегическите решения, свързани с устойчивото развитие на аграрния сектор (Bachev, H.; Ivanov, B.; Sarov, A., 2020); (FAO, 2021c).

Комбинираното използване на SWOT анализа, подходите „отгоре-надолу“ и „отдолу-нагоре“, backcasting, ABCD метода и рамката на петте нива позволява изграждането на многопластова стратегическа перспектива върху внедряването на безпилотни технологии в българското земеделие. Всеки от тези методи изпълнява различна функция - от синтезиране на емпиричните резултати, през структуриране на анализа на средата, до моделиране на бъдещи възможности за развитие.

Ограничения и допускания на изследването

Въпреки приложението на комбиниран методологичен подход, настоящото изследване е свързано с определени ограничения и допускания, които следва да бъдат отчетени при интерпретацията на резултатите. Те произтичат от характера на използваните данни, особеностите на извадката, избрания изследователски дизайн и приложените аналитични методи.

Изследването се основава на комбинация от първични и вторични данни. Първичната информация е събрана чрез анкетно проучване и включва оценки, нагласи и възприятия на земеделските стопани, което предполага наличие на субективен елемент. Вторичните данни са извлечени от научни публикации, институционални източници и статистически бази данни, включително Министерството на земеделието, НСИ, Евростат и ФАО. Поради това част от резултатите, свързани с възприеманите ползи, ограничения и готовност за внедряване на безпилотни технологии, следва да се интерпретират като индикативни оценки, а не като пряко доказани причинно-следствени зависимости.

Емпиричният анализ се базира на 35 валидни отговора, като извадката включва стопанства с различен размер, но с по-силно представяне на средни и големи стопанства. Това създава риск от изкривяване на резултатите в посока на по-висока технологична готовност и инвестиционен капацитет. Поради ограничения обем и структура на извадката резултатите не могат да бъдат статистически обобщени за цялата генерална съвкупност на земеделските стопанства в България, а позволяват предимно идентифициране на тенденции и зависимости.

Първоначално в изследването беше предвидено провеждане на икономически експериментални полеви опити (ИПЕО), основани на принципите на експерименталната икономика, чрез формиране на контролни и тестови групи в реални стопанства. Реализирането на тази рамка е възпрепятствано от ограниченията по време на пандемията от COVID-19, което не е позволило провеждането на контролирани експерименти. В резултат анализът се основава на анкетни данни, наблюдения, участие в демонстрационни опити и вторични източници, а не на директно измерени експериментални резултати.

Анализът е фокусиран върху една моделна култура – царевица, избрана поради широкото ѝ разпространение и потенциала за внедряване на безпилотни технологии. Това ограничава възможността резултатите автоматично да бъдат пренасяни към други култури с различна производствена и технологична специфика. Освен това в анализа са използвани конкретни ценови, технологични и организационни допускания, отразяващи определен пазарен и икономически контекст.

Към основните допускания на изследването се отнасят приемането на функционална съпоставимост между конвенционални и безпилотни решения при определени производствени операции, използването на конкретни технологични и ценови параметри, както и изборът на царевичката като моделна култура за оценка на възможностите за внедряване на безпилотни технологии в българското земеделие.

Използването на комбиниран методологичен подход позволява взаимно допълване и триангулация на резултатите от различни източници и аналитични методи, което допринася за по-балансирана и цялостна оценка на изследвания проблем.

Ограничения на изследването

Въпреки приложението на комбиниран методологичен подход, настоящото изследване е свързано с определени ограничения и допускания, които следва да бъдат отчетени при интерпретацията на резултатите. Те произтичат от характера на използваните данни, особеностите на извадката, избрания изследователски дизайн, възможностите за обобщаване на резултатите и приетите аналитични допускания.

Ограничения, свързани с данните

Изследването използва първични и вторични данни. Първичните са събрани чрез анкета и отразяват мненията и нагласите на земеделските стопани, което включва субективен елемент. Вторичните данни са взети от научни публикации, институционални източници и статистически бази данни като Министерството на земеделието, НСИ, Евростат и ФАО. Поради това резултатите, свързани с ползите, ограниченията и готовността за внедряване на безпилотни технологии, следва да се разглеждат като индикативни оценки, а не като пряко доказани причинно-следствени зависимости.

Ограничения, свързани с извадката и обобщаемостта на резултатите

Емпиричният анализ се основава на 35 валидни отговора от земеделски стопанства с различен размер, като преобладават средни и големи стопанства. Това може да доведе до изкривяване на резултатите към по-висока технологична готовност и инвестиционен капацитет. Поради ограничения обем и структура на извадката резултатите не могат да бъдат обобщени за всички земеделски стопанства в България. Затова изводите имат аналитичен характер и позволяват установяване на тенденции и зависимости, но не и универсални заключения за целия сектор

Ограничения, свързани с изследователския дизайн

Първоначално изследването е предвиждало провеждане на икономически полеви експерименти с контролни и тестови групи в реални земеделски стопанства, за да се

измерят директно ефектите от внедряването на безпилотни технологии. Поради ограниченията по време на пандемията от COVID-19 тези експерименти не са реализирани. Затова анализът се основава на анкетни данни, наблюдения, демонстрационни опити и вторични източници, което не позволява директно доказване на причинно-следствени ефекти, а само сравнителна и аналитична оценка.

Ограничения, свързани с моделната култура и пазарния контекст

Анализът е фокусиран върху царевичата като моделна култура поради широкото ѝ разпространение и потенциала за внедряване на безпилотни технологии. Това ограничава приложимостта на резултатите към други култури с различна технологична и производствена специфика. Освен това изследването използва конкретни ценови, технологични и организационни допускания, свързани с определен пазарен и времеви контекст. Поради това резултатите не могат да бъдат пряко пренасяни към други региони, производствени системи или икономически периоди.

Ограничения, свързани с аналитичните методи и допусканията на модела

Изследването използва икономически, статистически и стратегически методи, включително сравнителен разходен анализ, анализ на транзакционните разходи, χ^2 анализ, SWOT анализ и сценарни подходи. Тези методи се основават на определени допускания и включват опростяване на реалните процеси. Статистическият анализ установява зависимости, но не доказва причинност, а SWOT и сценарните анализи съдържат елемент на субективност. Основните допускания са свързани със съпоставимостта между конвенционални и безпилотни решения, използването на конкретни технологични и ценови параметри и разглеждането на царевичата като представителна моделна култура.

III. ЕМПИРИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ

3.1. Икономическа оценка на безпилотните и конвенционалните технологии

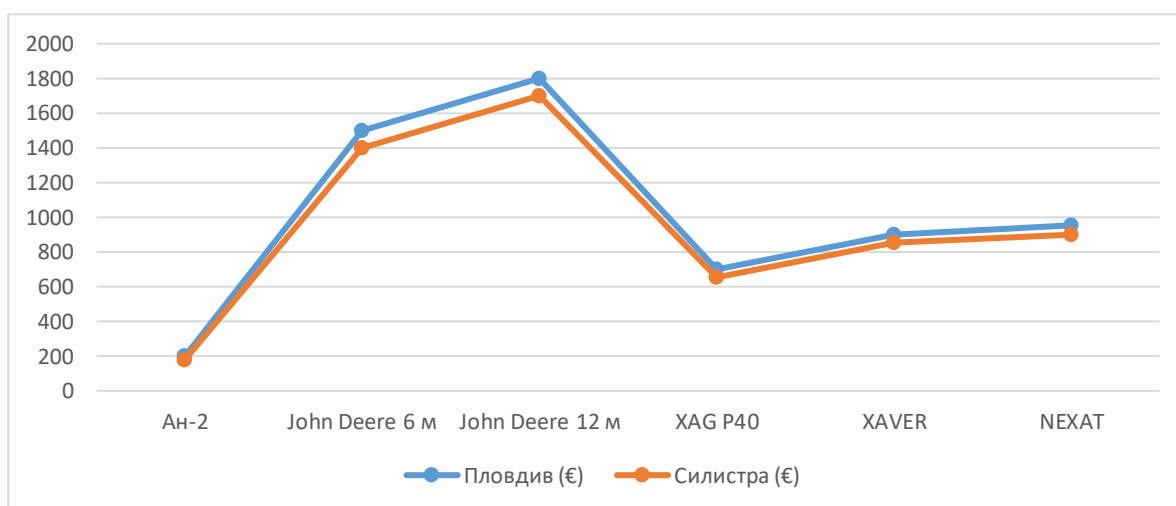
Въз основа на разработената методологична рамка е проведен казусен анализ на производството на царевича в България с цел оценка на икономическата приложимост на безпилотните технологии спрямо конвенционалните решения. Анализът обхваща преките производствени и транзакционните разходи, свързани с внедряване, използване, обучение, координация и управление на различните технологични конфигурации.

Резултатите показват, че разходите за основните входни ресурси семена, торове и продукти за растителна защита остават сходни между технологиите. Съществените различия се формират основно при разходите за пръскане, гориво/енергия и

технологично изпълнение. Най-високи разходи се наблюдават при авиационната технология, докато дроновите и част от тракторните решения постигат по-ниски стойности на единица площ.

Икономическият ефект от безпилотните технологии се проявява най-вече чрез оптимизация на операцията „пръскане“ намаляване на припокриването, по-прецизно приложение на ресурсите и по-ниска енергийна интензивност. Съществено значение имат и транзакционните разходи. При модел „покупка“ те са по-високи поради необходимостта от интеграция, обучение и поддръжка, докато при модел „услуга“ или „наем“ част от тези разходи се прехвърля към външен доставчик. Изборът на технология зависи пряко от мащаба на стопанството при малки и средни стопанства по-подходящи са услугите и наемът, а при по-големи стопанства инвестицията в собствена техника може да бъде икономически оправдана.

Фигура 1: Графично представяне на транзакционни разходи по технологии за използвани в обл. Пловдив и Силистра



Източник: собствено проучване

Графичното представяне потвърждава, че технологиите с по-висока степен на автоматизация изискват по-високи първоначални и организационни разходи, но предлагат потенциал за дългосрочна оптимизация на ресурсите.

В обобщение, икономическата ефективност на безпилотните технологии се определя както от преките производствени разходи, така и от транзакционните разходи и модела на достъп. Най-подходящ се очертава хибридният модел, при който безпилотните технологии се използват селективно при операции с висок потенциал за оптимизация, а конвенционалната механизация запазва водеща роля при основните полеви дейности.

3.2. Влияние на безпилотните технологии върху производствената ефективност

Производствената ефективност е оценена чрез показатели за производителност, времева ефективност, адаптивност и влияние върху добива. Тя се разглежда като способност за навременно, точно и ресурсно ефективно изпълнение на агротехническите операции. Резултатите показват ясно разграничение между технологиите. Авиационната технология осигурява най-висока площна производителност и най-кратко време за обработка, което я прави подходяща при големи площи и кратки агротехнически прозорци. Това предимство обаче е съпроводено с по-висока енергийна интензивност и по-ниска прецизност.

Тракторните конфигурации показват положителен ефект от по-голямата работна ширина, която повишава производителността и намалява разхода на единица площ. Дронът XAG P40 има по-ниска площна производителност, но се отличава с висока точност, нисък енергиен разход и добра приложимост във фрагментирани или труднодостъпни терени. Роботизираните системи NEXAT и XAVER имат по-ниска текуща производителност, но предлагат автоматизация, повторемост и дългосрочен потенциал за оптимизация.

Фигура 2: Визуално представяне на факторите за поддръжка, модернизация и адаптация на безпилотна и конвенционална технология

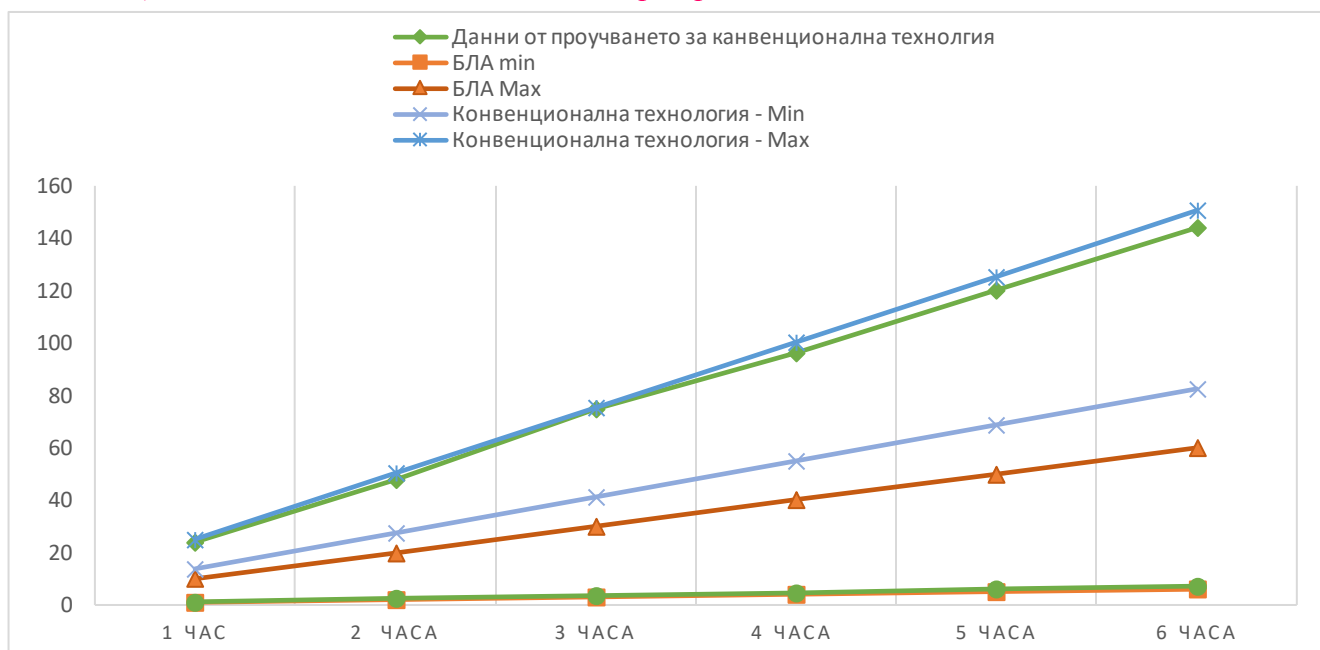


Източник: собствено проучване

Анализът показва, че безпилотните и роботизираните технологии имат по-висок потенциал за модернизация и адаптация, докато конвенционалните решения са по-ограничени, но по-лесни за организационно управление. Установена е положителна зависимост между технологичната прецизност и производствения резултат.

Безпилотните и автономните технологии създават предпоставки за по-високи добиви чрез по-добро спазване на агротехническите срокове и по-прецизно приложение на ресурсите.

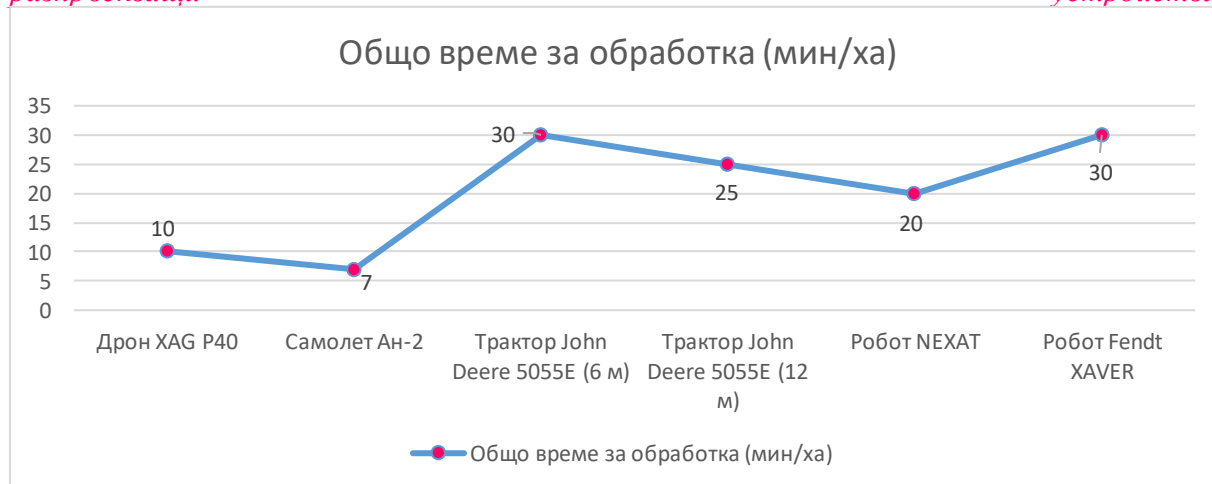
Фигура 3: Производствена функция с фактор време при сравнителен анализ на конвенционална и безпилотна технология при пръскане



Източник: собствено проучване

Наблюденията на приложението относно времето за бързо обработване показват, че максималната скорост и максималната прецизност може да не съвпадат във всички случаи. Въпреки това авиационни и дроне технологии са по-подходящи за кратки агротехнически дейности, докато тракторните и роботизираните решения осигуряват по-голяма стабилност и контрол.

Фигура 4: Сравнение на производителността на площ (ha на час) на конвенционални полеви пръскачки и безпилотни летателни апарати (БЛА) с разпръскващи устройства



Източник: Данни от собствено проучване по казуса. Ордината: Покритата площ (в хектари). Абсциса: Часове на пръскане

В обобщение, конвенционалните технологии запазват предимство по отношение на площната производителност, докато безпилотните и автономните системи имат по-висок потенциал за прецизност, гъвкавост и адаптация. Най-ефективен е хибридният модел, който комбинира предимствата на двата подхода.

3.3. Екологични ефекти от прилагането на безпилотни технологии

Екологичните ефекти са анализирани чрез показатели за почвена компресия, припокриване, дрейф при пръскане и енергийна интензивност. Екологичната ефективност се разглежда като способност на технологията да ограничава негативното въздействие върху околната среда при запазване на производствените резултати.

Почвената компресия е ключов екологичен индикатор, тъй като влияе върху порьозността, аерацията, инфилтрацията и дългосрочната продуктивност на почвата. Безпилотните въздушни технологии дронът XAG P40 и самолетът Ан-2 практически елиминират риска от компресия, тъй като нямат контакт с почвата. Роботизираните системи заемат междинна позиция: XAVER има минимално въздействие, докато NEXAT концентрира натоварването чрез контролирано движение.

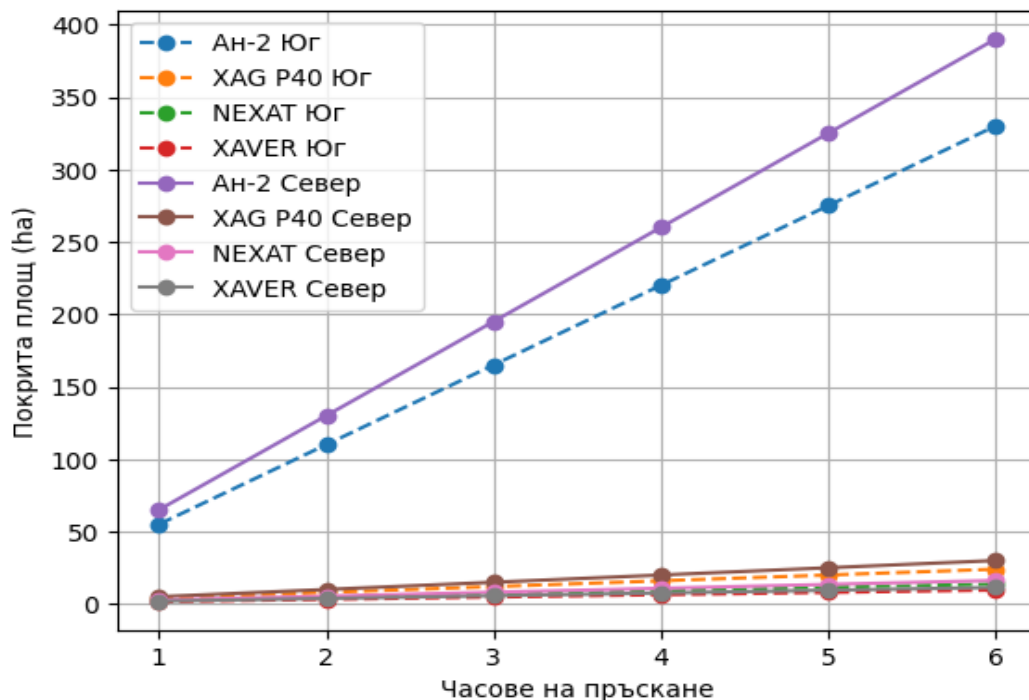
Конвенционалните технологии демонстрират висока площна производителност при добре конфигурирани площи, но това предимство не отчита екологичните фактори като припокриване, дрейф и въздействие върху почвата. Безпилотните технологии се отличават с висока прецизност благодарение на GPS и RTK навигация, което намалява припокриването, загубите при приложение и енергийния разход.

В анализа на производствената функция с фактор „време“ е изследвана динамиката на обработената площ при конвенционални и безпилотни технологии в Северна и Южна България за пръскане на част от производствения процес. Съпоставката е извършена на база емпирични данни от две стопанства в с. Бояново и област Силистра, което позволява отчитане на регионалните различия в структурата на земеделските площи.

Данните показват линейна зависимост между работното време и обработената площ при всички технологии, но и съществени различия между регионите. Самолетът Ан-2 има най-висока площна производителност до 330 ha за 6 часа в Южна България и до 390 ha в Северна България. Това се дължи на голямата работна ширина и високата скорост, особено при големи и компактни блокове. Дронът XAG P40 заема междинна позиция, а NEXAT и XAVER имат по-ниски стойности, но предлагат по-висока прецизност, по-нисък ресурсен разход и по-благоприятен екологичен профил чрез

контролирано движение и дълга постоянна фиксирана линия, оставяйки 95% от обработваемата почва не уплътнена.

Фигура 5: Сравнение на производителността на площ при конвенционални и безпилотни технологии в Северна и Южна България



Източник: собствено проучване

По регионален признак се установява по-висока производителност в Северна България поради по-големите и компактни площи в района на Силистра. В Южна България, където терените са по-фрагментирани, относителното предимство на безпилотните технологии нараства при операции, изискващи точност и адаптивност.

В обобщение, конвенционалните технологии имат предимство при площната производителност, особено в Северна България, докато безпилотните технологии са по-ефективни при прецизни операции и сложни теренни условия, характерни за Южна България.

3.4. Социални и организационни аспекти на внедряването на безпилотни технологии

Внедряването на безпилотни технологии зависи не само от техническите и икономическите им характеристики, но и от социалните и организационните условия в стопанствата. Важни фактори са нагласите на производителите, възприеманият риск, доверието към цифровите технологии, достъпът до обучение, институционалната

подкрепа и организационният капацитет. Социалното приемане е свързано с готовността на земеделските стопани да променят утвърдени практики. Внедряването на дроне и агророботи е не само техническо, а и организационно решение, което изисква нови знания, адаптиране на работните процеси и реструктуриране на дейностите.

Ключово значение има организационният капацитет – техническа обезпеченост, управленска готовност и персонал с дигитални умения. Преходът към дигитално земеделие променя трудовите процеси и засилва ролята на данните в управлението.

Обучението и консултантската подкрепа намаляват несигурността и ускоряват технологичното приемане. Липсата на практически опит и информация остава съществена бариера, докато демонстрационните дейности и експертната помощ улесняват адаптацията.

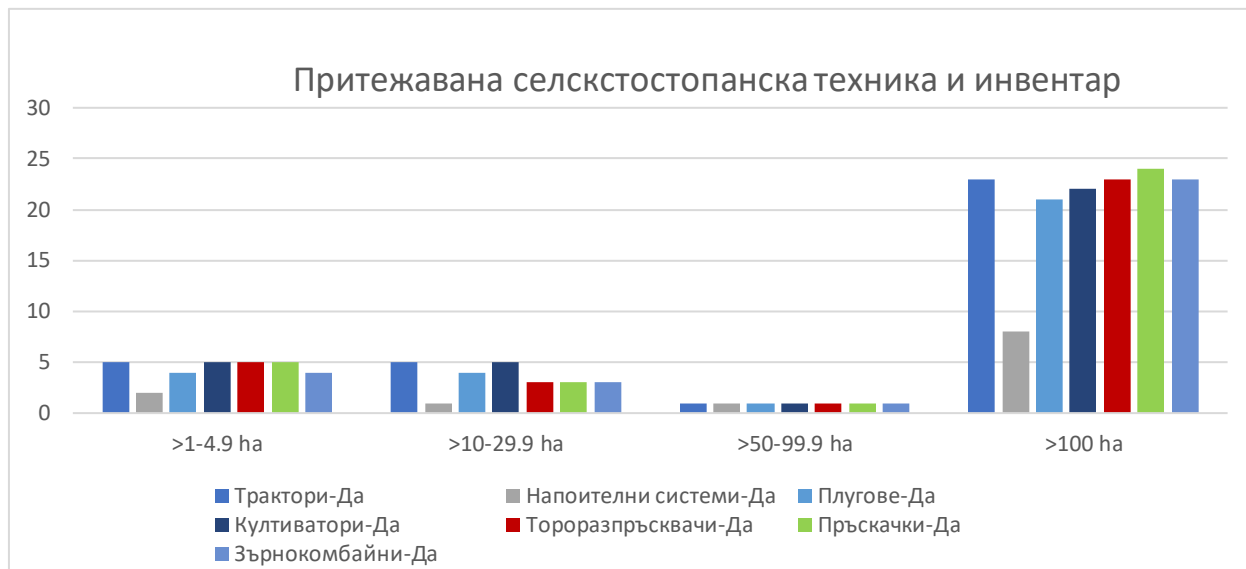
Внедряването на безпилотни технологии е комплексен процес, зависим от взаимодействието между технологични, икономически, социални и институционални фактори. Успешната интеграция изисква развитие на човешкия капитал, организационния капацитет и подкрепяща институционална среда.

3.5. Резултати от анкетното проучване сред земеделски производители

За проверка на социалните и организационните фактори е проведено анкетно проучване сред земеделски стопани, отглеждащи царевица. Целта е да се установят нагласите към безпилотните технологии, възприеманите ползи и ограничения, инвестиционната готовност и различията според характеристиките на стопанствата. Резултатите показват концентрация на производството на царевица в Северна България, където преобладават по-големи стопанства с по-висока механизация и по-добър достъп до инвестиции. В Южна България стопанствата са по-малки и с по-ниска механизация, което ограничава директното внедряване на капиталоемки технологии.

По-големите стопанства разполагат с по-развит машинен парк, докато при малките и част от средните по-подходящи са услуги, споделено използване и кооперативен достъп.

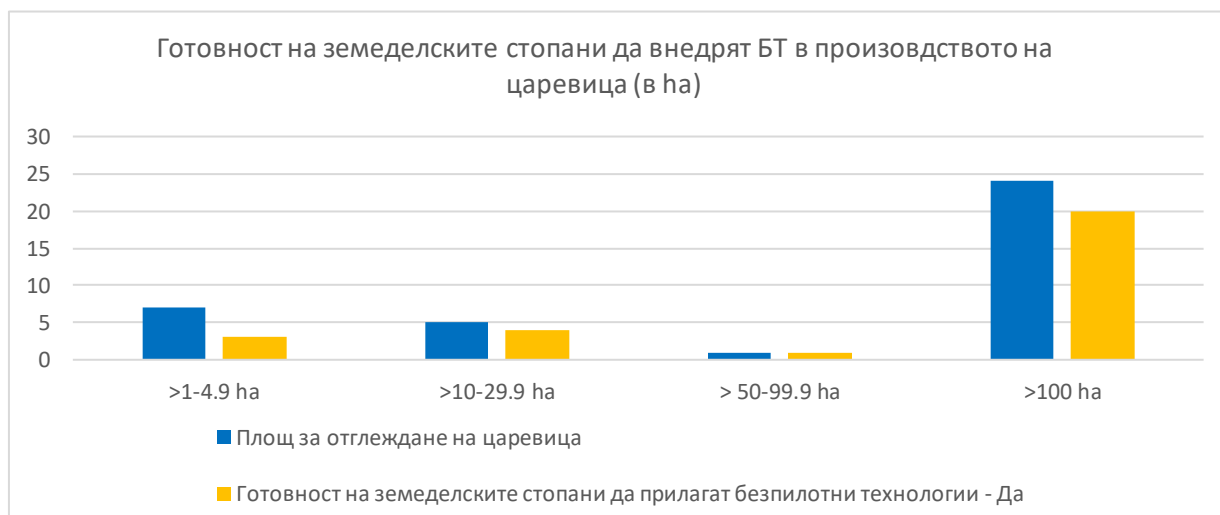
Фигура 6: Притежавана собствена селскостопанска техника на интервюираните производители на царевица



Източник: Данни от собствено проучване. Ордината: Брой на земеделски стопанства. Абсциса: Страти на земеделски стопанства

Данните показват, че техническата обезпеченост нараства с увеличаване на размера на стопанството, което потвърждава значението на мащаба за технологичната модернизация. Основните ограничения пред внедряването са високата цена, недостатъчният практически опит, липсата на обучение и административната тежест. При агророботите допълнително значение имат технологичната сложност и инвестиционната несигурност.

Фигура 7: Готовност на земеделските стопани да използват устойчиви технологии според размера на обработваемата площ (ha)



Източник: Данни от собствено изследване. Ордината: Брой земеделски стопанства. Абсцисата: Намерения/готовност на земеделските стопани, отглеждащи царевица (групираны по страти), да прилагат БТ

Проведеният χ^2 тестът за независимост показва, че не съществува статистически значима зависимост между размера на стопанството и готовността за внедряване на беспилотни технологии, тъй като $p = 0,839 > 0,05$. Това означава, че интересът към тях не се определя единствено от мащаба, а и от информираност, очакван икономически ефект, достъп до финансиране и практически опит.

Около 71,4% от анкетиранияте заявяват намерение да използват дронове, докато при агророботите делът е 54,1%. Дроновете се възприемат като по-достъпно и приложимо решение в краткосрочен план, а агророботите като по-дългосрочна перспектива. Най-силен интерес има към мониторинг, растителна защита, контрол на вредители и оптимизация на агротехническите операции.

В обобщение, анкетното проучване показва положителна нагласа към внедряване на беспилотни технологии в производството на царевица, но основните бариери остават високата цена, липсата на практически опит, недостатъчното обучение и административната тежест.

3.6. Регулаторни, институционални и пазарни бариери пред внедряването

Интегрирането на беспилотните технологии зависи от институционалната среда, която определя условията за тяхното използване. Анализът се основава на концепциите за транзакционни разходи, права на собственост и пазарни неуспехи.

Резултатите показват асиметрия в регулаторната рамка. Използването на дронове е относително по-добре регламентирано чрез европейското законодателство, докато агророботите и автономните наземни системи попадат в по-фрагментирана правна среда. Липсата на яснота относно безопасност, отговорност, сертификация и експлоатация създава институционална несигурност.

Таблица 1: *SWOT анализ на институционалната и регулаторна среда в България*

Силни страни	Слаби страни
Съответствие с европейските регулации Подобрена прецизност в земеделието Подкрепа за иновации Изградена структура за регистрация и обучение	Сложност на административните процедури Ограничен достъп до обучение Скъпо оборудване Липса на осведоменост
Възможности	Заплахи
Повишаване на ефективността в земеделието. Разширяване на обучителни програми Достъп до допълнително финансиране Развитие на специализирани геозони	Регулаторна несигурност Конкуренция от други технологии Рискове за киберсигурността Недостатъчна инфраструктура в селските райони

Източник: Данни от собствено проучване

SWOT анализът показва, че силните страни са свързани със съответствие с европейските регулации, подкрепа за иновации и възможности за повишаване на прецизността. Слабите страни включват административна сложност, ограничен достъп до обучение, висока цена на оборудването и недостатъчна информираност. Възможностите са свързани с европейско финансиране, обучителни програми, специализирани геозони и разширяване на прецизното земеделие, а заплахите с регулаторна несигурност, киберрискове, зависимост от външни доставчици и слаба инфраструктура в селските райони.

Административните процедури, регистрацията, лицензиите, обучението на оператори и управлението на данните увеличават транзакционните разходи, особено при малките и средните стопанства. Важен проблем е и неяснотата относно собствеността и използването на данните, генерирани от дронове и цифрови системи. Пазарните ограничения се проявяват чрез ограничен достъп до финансиране, недостатъчно развити пазари за специализирани услуги и неравномерна технологична инфраструктура. Поради това за част от стопанствата по-подходящи са външните услуги, наемът, споделеното използване и кооперативните форми.

Конвергентните изводи потвърждават значението на размера на стопанството, инвестиционния капацитет, цифровата инфраструктура и институционалната подкрепа.

Дивергентните аспекти показват, че дроновете са по-гъвкави и достъпни за средни и фрагментирани стопанства, докато роботизираните системи са по-подходящи за големи и капиталово обезпечени производители.

В обобщение, успешната интеграция на безпилотните технологии зависи от баланса между технологични възможности, икономическа обосновааност, социална готовност и институционална подкрепа. Внедряването им следва да бъде поетапен процес, основан на стопанска логика, цифрова инфраструктура, обучение и целенасочена публична политика.

IV. СТРАТЕГИЧЕСКИ ПЕРСПЕКТИВИ И МОДЕЛИ ЗА ВНЕДРЯВАНЕ НА БЕЗПИЛОТНИ ТЕХНОЛОГИИ

4.1. SWOT оценка на средата за внедряване на безпилотни технологии в интензивните и екстензивни селскостопански системи в България

SWOT оценката показва, (*виж. таблица 20 от дисертацията*) че българското земеделие има значителен потенциал за технологична модернизация чрез дронове и автономни наземни системи, но този потенциал е неравномерно разпределен между различните типове стопанства. Приложимостта на безпилотните технологии зависи от

мащаба на стопанството, степента на механизация, инвестиционния капацитет, дигиталната подготовка и институционалната подкрепа.

При интензивното земеделие, характерно за по-големите и високопродуктивни стопанства, безпилотните технологии имат най-висока приложимост. Те допринасят за повишаване на производствената ефективност, оптимизиране на ресурсите, намаляване на разходите и разширяване на прецизното земеделие. Големият мащаб позволява по-бърза възвръщаемост на инвестициите (ROI) и по-лесна интеграция на дроне и агророботи.

При екстензивното земеделие внедряването е по-ограничено поради по-малкия мащаб на стопанствата, по-ниската механизация, ограничения достъп до финансиране, недостатъчната технологична подготовка и по-слабия капацитет за работа с данни. Допълнително влияние оказват демографските проблеми в селските райони.

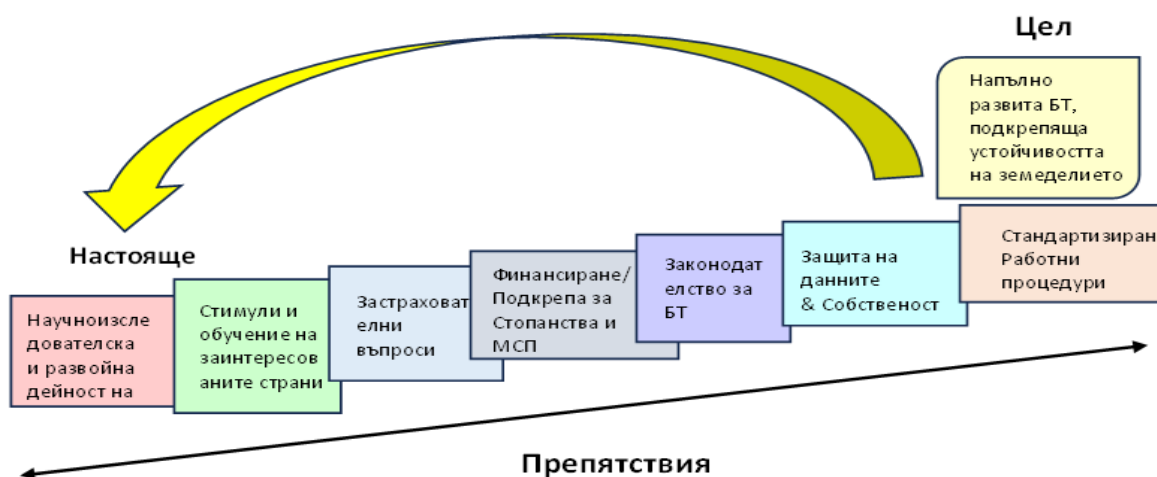
Поради това при по-малките и екстензивни стопанства по-подходящи са гъвкави модели като външни услуги, споделено използване на техника, кооперативни форми и регионални демонстрационни проекти. Те намаляват инвестиционния риск и улесняват достъпа до иновативни решения.

4.2. Възможности за развитие на безпилотните технологии в българското земеделие

Развитието на безпилотните технологии зависи от взаимодействието между икономически, институционални, технологични и социални фактори. Ключово значение имат ясната регулаторна рамка, достъпът до инвестиционни ресурси, дигиталните компетенции, цифровата инфраструктура и правилата за управление и защита на данните. Анализът показва, че внедряването в България най-често ще се реализира чрез гъвкави организационни форми – външни услуги, споделено използване на оборудване и кооперативни модели. Това се обуславя от двойствената структура на аграрния сектор, в който съществуват както множество малки стопанства, така и големи производствени единици. Разработеният рисков профил включва инвестиционен, технологичен, кадрови, регулаторен, кибернетичен и климатичен риск. Най-съществени са високите първоначални разходи, несигурната възвръщаемост, недостигът на специалисти, зависимостта от външни доставчици и неяснотите в нормативната рамка. На тази основа са формулирани четири сценария за развитие. Първият предвижда запазване на традиционното земеделие, но носи риск от технологично изоставане. Вторият е свързан с частично и поэтапно внедряване на безпилотни технологии при дейности с висока добавена стойност. Третият предполага пълна дигитална трансформация, но изисква

значителни инвестиции и силна институционална подкрепа. Четвъртият е хибриден модел, при който безпилотните технологии се въвеждат постепенно в съществуващите производствени системи. Сравнителният анализ показва, че именно хибридният модел е най-реалистичен в краткосрочен и средносрочен план, тъй като съчетава предимствата на конвенционалната механизация и иновативните технологии, като същевременно намалява инвестиционния риск.

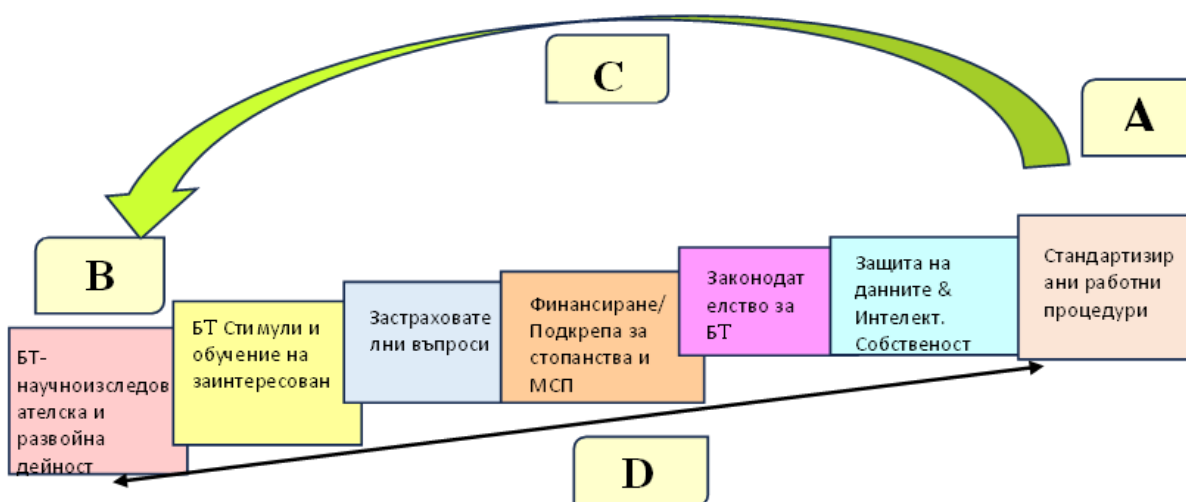
Фигура 8: Метод на обратното прогнозиране



Източник: Данни от собствено проучване

Методът на обратното прогнозиране очертава основните етапи за постигане на желано бъдещо състояние: научноизследователска дейност, обучение, финансова подкрепа и нормативно регулиране. Анализът показва, че липсата на стандартизирани процедури и продължителните регулаторни процеси могат да забавят внедряването.

Фигура 9: Схема на метода ABCD



Източник: Данни от собствено проучване

ABCD методът структурира процеса в четири етапа: формулиране на визия, оценка на текущото състояние, разработване на решения и определяне на приоритети. Резултатите показват, че успешната интеграция зависи от едновременното развитие на научна база, човешки капитал, финансов достъп и нормативна сигурност.

Сценарният анализ на разходите е приложен като инструмент за оценка на икономическата ефективност от внедряването на безпилотни летателни апарати (БЛА) в земеделското производство. Чрез съпоставка между конвенционална технология и различни нива на частично внедряване на БЛА (0–80%) са изчислени разходите на единица площ при отделни агротехнически операции, при използване на хибриден подход.

Резултатите показват, че потенциалът за оптимизация е съсредоточен основно при пръскането и торенето, докато основните полеви дейности остават зависими от конвенционална механизация. Установява се, че с увеличаване на дела на безпилотните технологии общите разходи намаляват, което потвърждава наличието на положителен икономически ефект.

В обобщение, най-ефективен е хибридният модел на внедряване, който позволява селективно използване на БЛА, намаляване на инвестиционния риск и поетапна технологична адаптация, като същевременно допринася за повишаване на конкурентоспособността на земеделските стопанства.

4.3. Авторски инструмент за самооценка на приложимостта на безпилотни технологии на стопанско ниво

Основната цел на разработения инструмент е да предостави практически модел за оценка, чрез който земеделските производители могат да анализират приложимостта на конкретна технология спрямо характеристиките на своето стопанство, да сравняват различни технологични алтернативи и да получават обобщена оценка за ефективността и устойчивостта на инвестицията. Инструментът е концептуално обвързан с подхода на устойчивото развитие и интегрира икономическото, екологичното и социалното измерение, допълнени от институционалния и технологичния контекст. В този смисъл той представлява практическа интерпретация на научните резултати от дисертационното изследване под формата на приложим аналитичен модел. Структурата на инструмента е съобразена с принципите на устойчивото развитие и е концептуално обвързана с целите за устойчиво развитие (ЦУР) на ООН, като икономическите критерии (връзка с ЦУР 8 и ЦУР 9) отразяват целите, свързани с икономически растеж и иновации, екологичните

(връзка с ЦУР 12, ЦУР 13 и ЦУР 15) с устойчивото управление на ресурсите и опазването на околната среда, а социалните (връзка с ЦУР 4 и ЦУР 10) с развитието на човешкия капитал и социалната устойчивост. Това позволява интегриране на глобалните цели за устойчиво развитие в процеса на оценка на технологичните решения на ниво стопанство. По този начин инструментът интегрира глобалните цели за устойчиво развитие в процеса на оценка на технологичните решения на ниво стопанство. Методологично инструментът съчетава линейна структура на индикаторите и метода на тегловната сума. Оценяването се извършва по скала от -3 до +3, като отрицателните стойности показват неблагоприятно влияние, а положителните по-висока степен на съответствие между технологията и характеристиките на стопанството. В базовата версия на инструмента теглата са разпределени, както следва: икономически критерии-53,3%, екологични-26,7% и социални-20,0%. Това разпределение е изведено въз основа на резултатите от емпиричното изследване, извършено в рамките на дисертацията, както и на логиката на процеса на технологично внедряване на ниво стопанство. Икономическите критерии получават най-висока тежест 53,3%, тъй като в условията на българското земеделие именно финансовата целесъобразност е най-честият първичен мотив при вземането на решение за внедряване на нова технология.

Таблица 2: Дизайн на инструментален модел за самооценка на устойчивостта на земеделските стопанства в България основан на моделите на линейно описание и тегловната сума.

Инструмент за самооценка от заинтересованите страни относно оценката на устойчивостта на иновативна селскостопанска техника, включително приложението на безпилотни технологии (модел-шаблон)																
Оценка на аспектите на устойчивото земеделие		Индивидуално тегло на критерия (в %)	Негативни оценки за изпълнение на очакванията на заинтересованите страни					Оптимум	Позитивни оценки за изпълнение на очакванията на заинтересованите страни				Обща оценка без тегло.	Теглови общи резултати от оценяването	Бележки	
Критерий	Критерий 1, 2, 3 ...п...		Характеристики/особености на критерия	Обобщени резултат и от негативните оценки	-3	-2	-1		0	1	2	3				Обобщени резултати от позитивните оценки
		Икономически	Критерий 1, 2, 3 ...п...	50	нисък, нисок, не харесвам	5	-3	-4	-4	0	1	3	3	5	нисък, нисок, не харесвам	0
Критерий 1, 2, 3 ...п...	5		нисък, нисок, не харесвам	2	-3	-1	-4	0	1	2	2	3	нисък, нисок, не харесвам	-1	-0.15	Моля изберете
Екологични	Критерий 1, 2, 3 ...п...		нисък, нисок, не харесвам	5	-3	-4	-4	0	1	2	3	-4	нисък, нисок, не харесвам	1		Моля изберете
	Критерий 1, 2, 3 ...п...		нисък, нисок, не харесвам	5	-3	-4	-4	0	1	2		-1	нисък, нисок, не харесвам	4		Моля изберете
Социални	Критерий 1, 2, 3 ...п...		нисък, нисок, не харесвам	7	-1	-4	-4	0	1	2		-1	нисък, нисок, не харесвам	6		Моля изберете
	Критерий 1, 2, 3 ...п...		нисък, нисок, не харесвам	6	-2	-4	-4	0	1	2		-1	нисък, нисок, не харесвам	5		Моля изберете
Общо резултат от оценяването		100%					0							100%		

Източник: Данни от собствено проучване и авторска разработка на докторанта

Анализът на анкетните резултати показва, че високите инвестиционни разходи, достъпът до финансиране, срокът на възвръщаемост и рискът от неефективна инвестиция са сред най-съществените фактори, които определят поведението на земеделските стопани. Това е особено валидно при малките и средните стопанства, които са по-чувствителни към капиталов риск и ограничен достъп до кредитни и инвестиционни ресурси.

Екологичните критерии получават 26,7%, тъй като тяхното значение нараства в контекста на европейските политики за зелена трансформация, прецизното земеделие и устойчивото управление на природните ресурси. Въпреки това на ниво индивидуално стопанство екологичните ползи често се възприемат като вторични спрямо икономическата обосновааност, освен в случаите на биологично производство, екологично сертифициране или участие в специализирани мерки и схеми.

Социалните критерии получават 20,0%, тъй като те влияят върху безопасността на труда, необходимостта от обучение, качеството на работната среда и трансформацията на трудовите функции. Макар да не са водещ мотив за инвестиция, тяхната роля е значима в условията на недостиг на работна ръка, необходимост от квалификация и повишени изисквания към безопасността при работа с препарати и техника. Предложената схема представлява гъвкав базов модел, който може да бъде адаптиран спрямо особеностите на конкретното стопанство. Например:

1. при **малки стопанства теглото** на икономическите критерии може да нарасне;
2. при **биологични стопанства** може да се увеличи тежестта на екологичните показатели;
3. при **големи високотехнологични стопанства** може да се увеличи значимостта на автоматизацията, интеграцията на данни и оперативната ефективност.

Предложената система от тегла представлява гъвкав модел, който може да бъде адаптиран спрямо спецификата на конкретното стопанство. Така например при малки стопанства икономическите критерии могат да имат по-голяма тежест, докато при биологични стопанства се увеличава значимостта на екологичните показатели.

Разработената матрица за приложимост е изградена въз основа на резултатите от икономическия анализ, анкетното проучване и стратегическите методи. При нейното конструиране са отчетени размерът на стопанството, механизацията, инвестиционният капацитет, организационната готовност и достъпът до технологии.

Матрицата показва, че малките стопанства са по-подходящи за използване на външни услуги с дрон, средните за комбиниран модел, а големите и капиталово обезпечени стопанства за интегриране на дронове, автономни системи и платформи за прецизно земеделие.

Таблица 3: Пример за приложение на авторския инструмент за самооценка на технологични алтернативи в земеделско стопанство

Група критерии	Тегло %	Оценка Алтернатива А (собствен дрон)	Претеглена стойност	Оценка Алтернатива Б (външна услуга с дрон)	Претеглена стойност
Икономически	0,533	2	1,07	3	1,60
Екологични	0,267	2	0,53	2	0,53
Социални	0,200	1	0,20	1	0,20
Обща оценка	100	-	1,80	-	2,33

Източник: Авторска разработка въз основа на модела за оценка на приложимостта на иновативни технологии.

Примерното приложение сравнява две алтернативи собствена инвестиция в дрон и използване на външна услуга. Получените резултати показват, че и двете са приложими, но външната услуга получава по-висока обща оценка поради по-нисък финансов риск, липса на значителни първоначални разходи и по-малки изисквания към техническия и организационния капацитет.

В обобщение, Разработеният инструмент представлява съществен авторски принос, тъй като изгражда практическа връзка между теоретичния анализ на устойчивото внедряване на технологии и реалните управленски решения на ниво земеделско стопанство. Чрез него научните постановки и резултатите от изследването се трансформират в приложим аналитичен модел, подпомагащ процеса на оценка и избор между различни технологични алтернативи.

Интегрирането на система от критерии, обосновани тегла и примерен механизъм за приложение показва, че инструментът надхвърля рамките на концептуален модел и придобива характер на практически приложим инструмент за анализ и вземане на решения. Неговата структура позволява адаптиране към различни типове стопанства, производствени условия и технологични решения.

По този начин инструментът създава основа за поетапна, икономически обоснована и стратегически ориентирана интеграция на безпилотните технологии в българското земеделие, като едновременно отчита икономическите, екологичните, социалните и институционалните аспекти на устойчивото развитие.

V. ИЗВОДИ И ПРЕПОРЪКИ

Въз основа на извършения анализ може да се обобщи, че устойчивото внедряване на безпилотни технологии в българското земеделие изисква координирани действия на институционално, секторно и стопанско равнище. Технологичната трансформация следва да се разглежда като поетапен процес, обхващащ производствените практики, управлението на ресурсите, организацията на труда и институционалната среда.

Основен извод е, че най-подходящ за българските условия е хибридният модел, при който безпилотните технологии се използват селективно при дейности с висока добавена стойност, а конвенционалната механизация запазва роля при основните полски операции. Този подход намалява инвестиционния риск, позволява натрупване на опит и създава условия за постепенна модернизация.

Основните бариери са свързани с високите първоначални разходи, недостига на цифрови умения, ограничената сервизна инфраструктура, административната тежест и неяснотите около управлението и защитата на данните. Следователно успешното внедряване изисква не само инвестиции в техника, но и в знания, обучение, организация и управленски капацитет.

На институционално равнище се препоръчва усъвършенстване на нормативната рамка за дроневи и автономни наземни системи, намаляване на административната тежест и развитие на целеви финансови инструменти – субсидии, грантове, ваучери, преференциални кредити и споделено финансиране.

На секторно равнище е необходимо развитие на модели „технология като услуга“, кооперативни форми за използване на техника и регионални демонстрационни центрове. Това е особено важно за малките и средните стопанства, които могат да получат достъп до технологии без значителна собствена инвестиция.

На равнище земеделско стопанство се препоръчва поетапно внедряване след индивидуална оценка на икономическата приложимост, честотата на използване, организационния капацитет и очакваната възвръщаемост. Най-голям ефект се постига, когато дроновете и агророботите се интегрират в система за мониторинг, анализ на данни, управление на ресурсите и контрол на производствените рискове.

В заключение, безпилотните технологии могат да се превърнат в реален инструмент за модернизация, ресурсна ефективност и конкурентоспособност на българското земеделие само при съчетаване на предвидима нормативна среда, достъп до финансиране, практически обучения, секторно сътрудничество и стратегическа адаптация на ниво стопанство.

VI. ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННОТО ИЗСЛЕДВАНЕ И ПРИЛОЖИМОСТ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО

Научно-теоретични приноси

В резултат на проведеното дисертационно изследване могат да бъдат формулирани следните научни теоретични приноси:

1. Разработена е интегрирана концептуална рамка за анализ на внедряването на беспилотни технологии в земеделието, която обединява икономически, производствени, екологични, социални и институционални фактори. С тази рамка се надграждат съществуващи подходи, като процесът на технологична адаптация се разглежда като комплексно и мултифакторно явление.
2. Обогатено е теоретичното разбиране за ролята на институционалната среда при внедряването на иновации в аграрния сектор чрез прилагане на концепции от институционалната икономика, включително транзакционни разходи, права на собственост и пазарни неуспехи, в контекста на беспилотните технологии.
3. Доказано е, че внедряването на беспилотни технологии не следва универсален модел, а представлява диференциран процес, зависим от структурните характеристики на земеделските стопанства, включително размер, степен на механизация, инвестиционен капацитет и организационна готовност.
4. Развита е теоретична постановка за хибриден модел на технологична интеграция, при който беспилотните технологии се комбинират с конвенционалната механизация, като по този начин се осигурява баланс между иновации, икономическа ефективност и управляем риск.
5. Разширено е теоретичното разбиране за връзката между прецизното земеделие и беспилотните технологии, като последните се разглеждат не като самостоятелни решения, а като част от по-широка цифрова екосистема за управление на земеделското производство.

Научно-приложни приноси

На основата на проведеното изследване са постигнати следните научни приложни приноси:

1. Разработен е авторски инструмент за оценка на приложимостта на беспилотни технологии на ниво земеделско стопанство, който позволява сравнителен анализ на технологични алтернативи чрез интегриране на икономически, екологични, социални и институционални критерии.

2. Създадена е матрица за избор на технологични решения според типа земеделско стопанство, която предлага диференциран подход към внедряването на безпилотни технологии в зависимост от мащаба, ресурсите и организационния капацитет.
3. Разработен е сценарен модел за развитие на безпилотните технологии в българското земеделие, включващ четири алтернативни сценария, които отразяват различни комбинации от институционална подкрепа, икономическа рентабилност и технологична готовност.
4. Извършен е емпиричен анализ на нагласите, бариерите и инвестиционната готовност на земеделските производители, който осигурява реална база за оценка на процеса на внедряване и идентифициране на ключовите ограничения.
5. Разработен е модел за оценка на икономическата ефективност от внедряването на безпилотни технологии чрез анализ на разходите и потенциала за тяхната оптимизация в земеделското производство.
6. Формулирани са практически приложими препоръки за устойчиво внедряване на безпилотни технологии на три равнища - институционално, секторно и стопанско, които могат да бъдат използвани при разработването на политики и управленски решения.

Приложимост на резултатите от изследването

Приложимостта на резултатите от изследването се изразява във формулиране на научно обосновани и практически приложими насоки за по-ефективно внедряване на безпилотни технологии в българското земеделие. Въз основа на проведените стратегически анализи, SWOT оценката, сценарния подход, оценката на рисковете и разработените модели за внедряване са изведени препоръки, насочени към създаване на условия за устойчиво, икономически ефективно и организационно приложимо използване на безпилотни технологии (дронове и агророботи) в аграрния сектор.

Резултатите от изследването могат да бъдат използвани при разработването на публични политики, секторни стратегии и управленски практики, свързани с дигитализацията и технологичната модернизация на земеделието. Те допринасят за по-задълбочено разбиране на факторите, които влияят върху процеса на внедряване на безпилотни технологии, както и на икономическите, организационните и институционалните условия, необходими за успешната им интеграция.

На национално ниво резултатите могат да подпомогнат разработването на политики за насърчаване на прецизното и дигиталното земеделие чрез финансови стимули, инвестиционни програми, обучения и създаване на регулаторна рамка за използване на безпилотни системи. Те могат да бъдат използвани при формирането на стратегии за повишаване на конкурентоспособността на българското земеделие, за оптимизиране на ресурсната ефективност и за стимулиране на устойчиви производствени практики.

На европейско равнище резултатите от изследването са в съответствие с приоритетите на Общата селскостопанска политика на Европейския съюз, Зелената сделка и стратегиите за дигитален и устойчив преход. Те могат да послужат като аналитична основа при разработването на специфични мерки и модели, насочени към ускоряване на цифровизацията в земеделието, намаляване на екологичния натиск, по-ефективно използване на ресурсите и насърчаване на иновациите в аграрния сектор на европейско ниво и на ниво държави членки. В този контекст внедряването на безпилотни технологии може да допринесе за постигане на по-висока производителност, устойчивост и адаптивност на земеделските системи в рамките на европейските политики за интелигентно и екологосъобразно земеделие.

Приложимостта на резултатите от дисертационното изследване имат и ясно изразен практико-приложен, аналитичен и управленски характер, което се изразява в разработването на авторският инструментален модел за оценка на приложимостта и устойчивостта на безпилотни технологии в земеделските стопанства. Разработеният модел предоставя практическа аналитична рамка за сравнение на различни технологични алтернативи и оценка на тяхната икономическа ефективност, екологична устойчивост и организационна приложимост спрямо характеристиките на конкретно земеделско стопанство.

Моделът интегрира икономически, екологични и социални критерии, допълнени от технологичния и институционалния контекст, като е обвързан с принципите на устойчивото развитие и целите за устойчиво развитие на ООН. Системата от индикатори и тегла е разработена въз основа на резултатите от емпиричното изследване и спецификата на българското земеделие.

Резултатите от изследването могат да бъдат използвани както на равнище земеделско стопанство, така и при разработването на политики и програми за дигитализация, технологична модернизация и устойчиво развитие на земеделието. На европейско равнище моделът е приложим в контекста на Общата селскостопанска политика, Зелената сделка и стратегиите за интелигентно и прецизно земеделие.

В този смисъл разработеният авторски инструмент представлява практически приложим механизъм за анализ, стратегическо планиране и вземане на управленски решения на различни нива, свързани с внедряването на безпилотни технологии в земеделието.

Изследването показва, че технологичната трансформация в земеделието представлява комплексен и поетапен процес, който засяга не само производствените практики, но и управлението на ресурсите, организацията на труда, инвестиционното планиране и адаптацията към променящата се пазарна и регулаторна среда. В този контекст разработените модели и аналитични изводи могат да служат като основа за вземане на стратегически решения както на институционално и секторно равнище, така и на равнище отделно земеделско стопанство съобразени с условията на аграрния сектор в България.

Систематизирането на препоръките в институционално, секторно и стопанско направление създава възможност за по-добра координация между публичните политики, пазарната организация и управленските решения на земеделските производители. Това има значение за ускоряване на процесите на технологична модернизация, повишаване на конкурентоспособността на стопанствата и ограничаване на различията в адаптивния капацитет между различните групи производители.

Резултатите от изследването са популяризирани сред научната общност чрез публикуването на 3 статии и 1 научен доклад.

ПУБЛИКАЦИИ СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Grozdanova, D., & Georgiev, M. (2021). Balance between the European Union and Bulgarian legislation as regards the agricultural land versus food sovereignty. In Proceedings of the XVII International May Conference on Strategic Management (IMCSM21) (pp. 267–277).
2. Covid-19 Measures. Institutional “Errors”, Transaction Costs and Adaptation in the Agriculture. (2021). Bulgarian Journal of Agricultural Economics and Management, 66(1), 21-31. <https://agriacad.eu/ojs/index.php/bjaem/article/view/2289>
3. Georgiev, Minko and Grozdanova, Dafinka, Acquisition and Inheritance of Agricultural Land in Bulgaria - From Fragmentation Towards Consolidation (November 25, 2020). Journal of Agricultural and Environmental Law, Vol. 15 No. 29, pp. 66-84 (2020) , Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3741323>
4. Georgiev, M., Grozdanova, D., Ivanova, B., Beluhova-Uzunova, R., & Shishkova, M. (2022). Agricultural land, rent seeking and transaction costs. Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development, 22(2), 345–351.