FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

Journal of Environmental Sciences Studies (JESS)
Volume 10 , Number 3 , Autumn, (2025)

Journal Homepage: www.jess.ir
Print ISSN: 2588-6851 Online ISSN: 2645-520X

Analysis of the Phenomenon of Woody Plant Encroachment in the Context of Social-Ecological System Change

Elham Ghehsareh Ardestani[1*]; Shahram Mansoori[2]; Hojatollah Khedri Gharibvand[1]; Mohsen Bahmani[3]

[*]1. Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran
2. Ph.D. Student, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran
3. Associate Professor, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran
[*]Email Address: elham.ghehsareh@nres.sku.ac.ir

Article Info

Article Type:
Research Paper

Article History:

Received Date:
2024/07/13
Revised Date:
2025/04/28
Accepted Date:
2025/08/03
Published Date:
2025/09/28

Keywords:
Woody plant encroachment,
Social-ecological system,
Ecosystem change,
Structural and functional ecosystem change,
Management strategies

ABSTRACT

The phenomenon of woody plant encroachment (WPE), which is characterized by the proliferation of woody vegetation in non-forested biomes such as grasslands, is a less well-known but equally important global trend. Grasslands cover more than 31% of the Earth's surface and are a significant part of global livestock production. To better understand and manage this phenomenon, it is essential to identify key drivers, feedbacks, and thresholds within a social-ecological system change framework. This study reviews recent and authoritative scientific articles related to woody plant expansion and dominance to explore the perspective of system change in social-ecological systems. The social-ecological system dynamics of both grass and woody plant communities are governed by competitive feedback loops (ecological and social processes) that work simultaneously to determine the vegetation cover. Identifying pivotal points in the form of feedback loops and direct and indirect local and global drivers is a key strength of the comprehensive social-ecological system change framework for effective management of grassland systems. Efficient management requires finding points in the system where changes will have the greatest benefit, which necessitates a better understanding of interactions between ecological and social systems. Future studies can address this.

Cite this article: Elham Ghehsareh Ardestani, Shahram Mansoori, Hojatollah Khedri Gharibvand, Mohsen Bahmani (2025). Analysis of the Phenomenon of Woody Plant Encroachment in the Context of Social-Ecological System Change**,** Journal of Environmental Sciences Studies, 10(3) , Pages 10549-10559.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The process of deforestation, which is dominated by clearing of woody plants caused by natural and unnatural factors, has intensified. The phenomenon of woody plant encroachment (WPE), which is characterized by the proliferation of woody vegetation in non-forested biomes such as grasslands, is a less well-known but equally important global trend. Grasslands cover more than 31% of the Earth's surface and are a significant part of global livestock production. However, evidence suggests that these regions have been experiencing WPE over the past two centuries. Grasslands alternate between plant communities of grasses and woody plants. This shift in plant community structure, known as the phenomenon of WPE, has impacted ecosystem services globally. This phenomenon often occurs unexpectedly and is difficult to reverse. It requires a new framework to understand this phenomenon, one that recognizes WPE as a social-ecological system. Ecological components interact with social components through the provision of ecosystem services. Human decisions influence the receipt or non-receipt of key and valuable ecosystem services. To better understand and manage this phenomenon, it is essential to identify key drivers, feedbacks, and thresholds within a social-ecological system change framework.

Materials and methods

This study reviews recent and authoritative scientific articles related to woody plant expansion and dominance to explore the perspective of system change in social-ecological systems.

Results and discussion

The social-ecological system dynamics of both grass and woody plant communities are governed by competitive feedback loops (ecological and social processes) that work simultaneously to determine the vegetation cover. The feedback loops include balancing and reinforcing loops. The set of feedback loops that dominate the system at a given time determines the current system state. In grassland systems, the fire feedback loop is dominant. In contrast, woody plant systems are influenced by two reinforcing feedback loops: the climate-establishment feedback loop, which is prevalent in dry grasslands, and the fire-suppression feedback loop, which is likely to occur in wet grasslands. Fire suppression feedback is directly influenced by fire policies, which are related to regional population growth and urbanization**.** The drivers of woody plant expansion and dominance can be categorized into internal (plant density, grasshoppers, leaf-eaters, and soil moisture) and external (population growth and urbanization, land use changes, organizational arrangements, and global CO_2 concentration) factors. These drivers play different roles in initiating, starting, and sustaining WPE, which is crucial for understanding and managing this phenomenon. The WPE is considered a structural change in social-ecological systems, focusing on the interactions between fundamental feedback processes, particularly the interactions between social and ecological processes. The analysis of existing studies indicates that humans have a local and global impact on grasslands and that this increasing shift from grass to woody plant communities may be largely related to population growth. Given the current preferences and consumption technologies, population growth is associated with increased demand for livestock production as a food source and increased CO2 emissions through various human activities. Additionally, there is a direct correlation between human population growth and fire suppression. All these factors have a greater impact on grassland systems, increasing the likelihood of WPE**.**

Conclusion

Identifying pivotal points in the form of feedback loops and direct and indirect local and global drivers is a key strength of the comprehensive social-ecological system change framework for effective management of grassland systems. Efficient management requires finding points in the system where changes will have the greatest benefit, which necessitates a better understanding of interactions between ecological and social systems. Future studies can address this.

مجله مطالعات علوم محیط زیست
جلد ۱۰ ، شماره ۳
Journal Homepage:www.jess.ir
شاپای چاپی: 2588-6851 شاپای الکترونیکی: 2645-520X

FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

تحلیل پدیده گسترش و غالبیت گیاهان چوبی در زمینه تغییر نظام اجتماعی – اکولوژیکی اکوسیستم

الهام قهساره اردستانی [۱*]، شهرام منصوری [۲]، حجت الله خدری غریبوند [۱]، محسن بهمنی [۳]

*۱– استادیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد
۲– دانشجوی دکتری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد
۳– دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد
*ایمیل نویسنده مسئول: elham.ghehsareh@nres.sku.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله علمی پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۰۴/۲۳
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۴/۰۲/۰۸
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۵/۱۲
تاریخ انتشار:
۱۴۰۴/۰۷/۰۶

کلید واژه ها:
گسترش گیاهان چوبی،
سیستم اجتماعی – اکولوژیکی،
تغییر نظام اکوسیستم
تغییر ساختار و عملکرد اکوسیستم،
راهکارهای مدیریتی.

چکیده

روند جنگل‌زدایی که پاکسازی گیاهان چوبی ناشی از عوامل طبیعی و غیرطبیعی در آن غالب است، شدت گرفته است. در صورتی که یک روند جهانی کمتر شناخته شده و به همان اندازه مهم، گسترش و چیرگی گیاهان چوبی (بوته‌ای، درختچه‌ای و درختی) در بیوم‌های غیرجنگلی از جمله علفزارها در حال وقوع است و ممکن است منجر به افزایش ترسیب کربن شود. علفزارها بیش از ۳۱ درصد از سطح کره زمین و بخش عمده دامپروری جهان را به خود اختصاص می‌دهند. به منظور فهم و مدیریت بهتر این پدیده درک محرک‌های کلیدی، بازخوردها و آستانه‌ها در چارچوب تحلیل تغییر نظام اجتماعی–اکولوژیکی ضروری است. در نهایت این مطالعه با دیدگاه سیستم‌های اجتماعی–اکولوژیکی به راهبردهای مدیریتی مرتبط با آن اشاره می‌کند. این مطالعه با مرور مقالات علمی معتبر و جدید مرتبط به گسترش و چیرگی گیاهان چوبی به بررسی دیدگاه تغییر نظام در سیستم اجتماعی – اکولوژیکی می‌پردازد. پویایی سیستم اجتماعی – اکولوژیکی هر یک از این دو نظام گیاهان علفی و چوبی تحت غالبیت حلقه‌های بازخورد رقابتی (فرآیندهای اکولوژیکی و فرآیندهای اجتماعی) قرار دارند که به طور همزمان کار می‌کنند و نظام پوشش گیاهی را تعیین می‌کنند. امکان شناسایی نقاط اهرمی در قالب حلقه‌های بازخورد و محرک‌های مستقیم محلی و غیرمستقیم جهانی به روشی یکپارچه در یک تحلیل واحد نقطه قوت کلیدی چارچوب پایگاه داده تغییر نظام اجتماعی– اکولوژیکی اکوسیستم برای مدیریت موثر سیستم‌های علفزار است. در این راستا، مدیریت کارآمد نیاز به یافتن نقاطی در سیستم برای مداخله دارد جایی که تغییر در سیستم بیشترین سود را به همراه دارد که این امر نیاز به درک بهتری از تعاملات بین سیستم‌های اجتماعی و اکولوژیکی دارد که مطالعات آتی می‌توانند به این امر بپردازند.

ناشر: انتشارات فن پایا

DOI: 10.22034/jess.2024.467516.2272

۱- مقدمه

پدیده گسترش گیاهان چوبی باعث تغییر پوشش گیاهی علفزارها از گیاهان علفی به گیاهان چوبی می‌شود (Bond et al., 2013). این پدیده در علفزارها و مراتع یک پدیده رایج جهانی است و بیش از یک قرن به عنوان یک مساله مهم مورد توجه قرار گرفته است (Anadón et al., 2014). منابع علمی، گسترش روزافزون آن را در بسیاری از مناطق گزارش داده‌اند (Twidwell et al., 2013). این پدیده بر کالاها و خدمات اکوسیستمی همچون تنوع زیستی، ذخیره کربن، چرخه مواد مغذی، تعلیف علفخواران و هیدرولوژی منطقه تأثیر می‌گذارد و ارائه برخی از خدمات اکوسیستمی همچون تامین غذا، چرخه آب، تامین علوفه به منظور چرای دام و زیستگاه برخی از آخرین علفخواران بزرگ باقی مانده در جهان را مورد تهدید قرار داده است (Gray, 2013). پیامدهای مستقیم اکولوژیکی و اقتصادی برای علفزارها و مراتع با گسترش گیاهان چوبی به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته است با این وجود، تأثیر مدیریت انسان بر گسترش گیاهان چوبی هنوز به خوبی مورد بررسی و مطالعه قرار نگرفته است (Gray & Bond, 2013). مدیریت انسان بر اکوسیستم‌ها و خدماتی که اکوسیستم‌ها به انسان ارائه می‌دهند نیاز به درک بهتری از تعاملات بین سیستم‌های اجتماعی - اکولوژیکی دارد. بسیاری از تحقیقات در زمینه گسترش گیاهان چوبی بر محرک‌های اکولوژیکی، به‌ویژه تأثیر آشفتگی‌ها (مانند آتش‌سوزی و چرا) و در دسترس بودن آب بر استقرار و تداوم گیاهان چوبی متمرکز شده‌اند. تعداد اندکی از مطالعات به صراحت نقش فرآیندهای اجتماعی را در زمینه این تغییرات بوم‌شناختی بررسی کرده‌اند، یا اینکه چگونگی بازخورد تغییرات اکولوژیکی برای تأثیرگذاری بر فرآیندهای اجتماعی ارائه دهند مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند (Luvuno et al., 2018). اکثر منابع علمی به بررسی تأثیر گسترش گیاهان چوبی بر خدمات اکوسیستم و پیامدهای اکولوژیکی و اقتصادی، بدون بررسی بعد اجتماعی آن پرداخته‌اند (Wilcox et al., 2018). در سال‌های اخیر دیدگاه نوینی تحت عنوان چارچوب سیستم‌های اجتماعی - اکولوژیکی به رسمیت شناخته شده است که در ارتباط با پدیده گسترش و غالبیت گیاهان چوبی، علل و زمینه‌های بروز و ظهور مدیریت انسان می‌تواند در این چارچوب مفهوم‌سازی شود. یکی از راه‌های مفهوم‌سازی فرایند گسترش گیاهان چوبی در چارچوب سیستم‌های اجتماعی – اکولوژیکی این است که به عنوان یک تغییر نظام اکوسیستم در نظر گرفته شود. تغییر نظام اکوسیستم، تغییرات بزرگ و مداومی در ساختار و عملکرد سیستم‌های اکولوژیکی یا اجتماعی – اکولوژیکی است. پویایی این سیستم‌ها ناشی از حلقه‌های بازخوردی است که هم فرایندهای اکولوژیکی و هم فرایندهای اجتماعی را دربر می‌گیرد که این حلقه‌های بازخورد پوشش گیاهی را با متغیرهایی مانند آتش، چرا و آب پیوند می‌دهد (Scheffer et al., 2001). با توجه به اهمیت پدیده گسترش گیاهان چوبی و دامنه اثرگذاری و پیامدهای مختلف و چندجانبه آن ضروری است این پدیده به‌طور جامع و چند وجهی مورد توجه و بررسی قرار گیرد. هدف این مقاله بررسی گسترش گیاهان چوبی با استفاده از دیدگاه تغییر نظام در سیستم اجتماعی – اکولوژیکی است. به منظور فهم و مدیریت بهتر این پدیده درک محرک‌های کلیدی، بازخوردها و آستانه‌ها در چارچوب تحلیل تغییر نظام ضروری است. در نهایت این مطالعه با دیدگاه سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی به راهبردهای مدیریتی مرتبط با آن می‌پردازد.

۲- روش انجام تحقیق

این مطالعه با مرور مقالات علمی معتبر و جدید مرتبط به گسترش و چیرگی گیاهان چوبی به بررسی دیدگاه تغییر نظام در سیستم اجتماعی – اکولوژیکی می‌پردازد.

- **پدیده گسترش گیاهان چوبی[1]**

ارتباط انسان با طبیعت اهمیت بسیار زیادی دارد و بسیاری از این ارتباطات ضروری و حیاتی می‌باشند. در این راستا طبیعت خدمات اکوسیستمی ارزشمندی برای جوامع انسان فراهم می‌کند و بر تامین رفاه فردی و جمعی تاثیر می‌گذارد. تاثیر انسان بر علفزارها در طول حضور انسان بسیار زیاد بوده است. در طول سالیان دراز، انسان عمدتاً از طریق بهره‌برداری با ایجاد آتش، اکوسیستم‌های علفزار را در مقابل گسترش گیاهان چوبی، حفاظت کرده و در مواردی گسترش داده است (Pyne, 2016). علفزارها در سراسر جهان به طور چشمگیری دستخوش تغییرات اساسی به ویژه گسترش گیاهان چوبی شده‌اند. حفظ علفزارهای باقیمانده و احیای مراتع تخریب شده برای افراد و حیواناتی که به آن‌ها وابسته هستند، نیاز به یک الگوی جدید برای درک این پدیده دارد، الگویی که گسترش و غالبیت را به عنوان یک سیستم اجتماعی - اکولوژیکی پیچیده به رسمیت شناسد (Bradford et al., 2018). مراتع در حال حاضر با انبوهی از تهدیدها از قبیل چرای بیش از حد، تغییر سیستم آتش سوزی و هجوم گونه‌های غیربومی روبه‌رو می‌باشند. بسیاری از این تهدیدها با تغییرات اقلیمی تشدید شده و به طور مستقیم یا غیرمستقیم با توسعه گسترده گیاهان چوبی مواجهند. این دگرگونی که تحت عنوان پدیده گسترش گیاهان چوبی بیان می‌شود به عنوان یک حالت پایدار جایگزین چندین بار در طول دو هزاره اخیر در علفزارهای رخ داده است که در مناطق

[1] Woody Plant Encroachment

مختلف در سراسر جهان، از جمله مناطق خشک و نیمه‌خشک، گرمسیری و قطب شمال تأثیر گذاشته است (Archer et al., 2017; 2018). درحال حاضر دو دیدگاه در زمینه پیامدهای اکولوژیکی این پدیده به رسمیت شناخته شده است. یک دیدگاه این که، گسترش گیاهان چوبی نشانگر تخریب اکولوژیکی است، این پدیده با کاهش بهره‌وری علوفه، کاهش تنوع زیستی، کاهش پتانسیل اجتماعی – اقتصادی و افزایش فرسایش شناخته شده است. دیدگاه دیگر این که، گسترش گیاهان چوبی نشانه احیای اکوسیستم‌های تخریب یافته است (نقش گونه‌های چوبی در بازسازی اکوسیستم‌های شنی تخریب‌شده مستند شده است). این تقسیم‌بندی منجر به قضاوت‌های کاملاً متفاوتی در خصوص وضعیت و مراحل انتقال اکوسیستم‌های تحت نفوذ گیاهان چوبی می شود که بر تصمیم‌گیری در زمینه حفاظت و مدیریت (حذف) آن‌ها تأثیر می‌گذارد (Archer et al., 2017 وWang et al, 2020). دیدگاه‌های متفاوتی در خصوص عوامل گسترش گیاهان چوبی در اکوسیستم‌های مختلف وجود دارد. برخی از مطالعات تغییر کاربری اراضی (استفاده کمتر از ظرفیت) و تغییر بهره‌برداری از اکوسیستم‌ها را عامل گسترش گیاهان چوبی می‌دانند که به دنبال آن اکوسیستم‌ها تبدیل به اراضی واجد پوشش گیاهان چوبی شده‌اند (Tabares et al., 2020). از منظر دیگر، چرای بی‌رویه دام‌ها (استفاده بیشتر از ظرفیت) از عوامل گسترش گیاهان چوبی شناخته شده است. بنابراین، باید توجه بیشتری به تغییر نظام اکوسیستم با گسترش گیاهان چوبی شود تا اهمیت اکولوژیکی به‌ویژه درجه غالبیت گیاهان چوبی و تغییر نظام این اکوسیستم‌ها مشخص شود. سپس می‌توان از این اطلاعات برای تعیین کمیت نشانه‌های اکولوژیکی گسترش و غالبیت گیاهان چوبی استفاده کرد (Wang et al., 2020). گسترش گیاهان چوبی را در دو مدل گلوگاه جمعیتی[2]و رقابتی[3]مورد مطالعه قرار داده‌اند. مدل گلوگاه جمعیتی بر تاثیر آشفتگی و آب قابل دسترس به منظور استقرار و تداوم گیاهان چوبی تاکید دارد. مدل رقابتی بر تعامل رقابتی همزیستی بین گیاهان علفی و چوبی که ناشی از جداسازی آشیان مکانی و زمانی این گیاهان هستند تاکید دارد. چارچوب گسترش گیاهان چوبی در یک فرایند پنج مرحله‌ای شناسایی شده است که این امر شناسایی مراحل بیولوژیکی و تعیین اهداف مدیریتی پدیده گسترش گیاهان چوبی را آسان‌تر می‌کند (Stevens et al., 2014).

- **مراحل پنجگانه پدیده گسترش گیاهان چوبی**

چارچوب گسترش گیاهان چوبی در یک فرایند ۵ مرحله‌ای شامل مرحله دست نخورده[4] مرحله پراکندگی[5] مرحله استقرار[6] مرحله گسترش[7] و انتقال وضعیت[8]طبقه‌بندی شده است. در مرحله دست نخورده علفزارهای بدون گیاهان چوبی که توسط بذرهای گیاهان چوبی مشکل‌ساز و مهاجم در معرض خطر قرار نمی‌گیرند اطلاق می‌شود. از نظر تاریخی، اکثریت قریب به اتفاق بیوم دشت‌های بزرگ به عنوان شبکه‌ای از اکوسیستم‌های علفزار بزرگ و دست نخورده وجود داشته‌اند (علفزارها در این مرحله در برابر گسترش گیاهان چوبی آسیب‌پذیر نیستند). مرحله پراکندگی مربوط به علفزارهای بدون درخت که توسط بذرهای گیاهان چوبی در معرض خطر قرارگرفته‌اند می‌باشد. مرحله پراکندگی نشان دهنده شروع فرآیند پدیده گسترش است و در غیاب مدیریت کوتاه مدت رخ می‌دهند. این مرحله نشان دهنده خط مقدم فرآیند پدیده گسترش گیاهان چوبی است (شکل ۱) (Twidwell et al., 2021). در غیاب آتش‌سوزی مکرر، مرحله پراکندگی به سرعت توسط مرحله استقرار دنبال می‌شود. در مرحله استقرار، بذرهای گیاهان چوبی تبدیل به نهال می‌شوند. این یک مرحله فعال از فرآیند پدیده گسترش گیاهان چوبی است که با سطوح بالای رقابت بین نهال‌های گیاهان چوبی و گیاهان علفی مشخص شده است. در مرحله گسترش، نهال‌های گیاهان چوبی به گیاهان بالغ تبدیل می‌شوند. علفزارها در این مرحله منابع تولید بذور گیاهان چوبی هستند و مناطق پراکندگی بذر و استقرار نهال گیاهان چوبی خود را در علفزار ایجاد می‌کنند. این مرحله بعد از فرآیند رقابت بین گیاهان چوبی با گیاهان علفی است که گیاهان چوبی می‌توانند گیاهان علفی را جابجا کنند و گسترش یابند. پیامدهای پدیده گسترش گیاهان چوبی در این مرحله آشکار می‌شود. در آخرین مرحله، اراضی در مراحل پایانی پدیده گسترش گیاهان چوبی دیگر علفزار نیستند. در مقابل، اکوسیستم به یک اکوسیستم تحت گسترش و غالبیت گیاهان چوبی تبدیل شده است. این مرحله با تغییرات شدید در عملکرد مرتع همراه است (Twidwell et al., 2021).

[2] Demographic bottleneck modeling
[3] Competition-based modeling
[4] Intact Stage
[5] Dispersal Stage
[6] Recruitment Stage
[7] Encroachment Stage
[8] State Transition

شکل ۱. مراحل پنجگانه پدیده گسترش گیاهان چوبی (Twidwell et al., 2021)

۳- نتایج

- **سیستم اجتماعی - اکولوژیکی**

چارچوب سیستم اجتماعی - اکولوژیکی (SES[9]) مترادف با چارچوب سیستم انسان - طبیعت (CHANS[1]) است. این چارچوب سیستم‌های یکپارچه‌ای هستند که در آن افراد به طور متقابل با اجزای طبیعی تعامل دارند و این تعاملات حلقه‌های بازخورد پیچیده‌ای با تاخیر زمانی و اثرات دائمی ایجاد می‌کنند (Liu et al., 2007). در نتیجه، روابط در سیستم اجتماعی - اکولوژیکی اغلب غیرخطی هستند و رفتارآستانه‌ای را بین دو حالت پایدار دیگر نشان می‌دهند. از دست دادن تاب‌آوری[1] می‌تواند منجر به تغییرات سریعی (غافلگیرکننده‌ای) شود که به سختی قابل برگشت هستند. گره‌گشایی از تعاملات پیچیده در مقیاس‌های زمانی و مکانی متعدد، جوهره تحقیقات سیستم اجتماعی - اکولوژیکی است و برای توسعه سیاست‌های مؤثر بر پایداری سیستم اجتماعی - اکولوژیکی ضروری است (Bradford et al., 2018). یکی از جنبه‌های اساسی اما چالش برانگیز رویکرد سیستم اجتماعی - اکولوژیکی ایجاد یک چارچوب مناسب برای درک مشکل است، چارچوبی که می‌تواند شناسایی با عوامل اجتماعی و اکولوژیکی در نقش و تعیین نحوه تعامل آن‌ها سهولت ایجاد کند و باعث هدایت آن‌ها شود (Hruska et al., 2017). چارچوب‌هایی که تا به امروز پیشنهاد شده‌اند براین فرض استوارند که مؤلفه‌های اکولوژیکی از طریق ارائه خدمات اکوسیستمی با مؤلفه‌های اجتماعی مرتبط هستند؛ به عبارت دیگر، تصمیمات انسانی بر دریافت یا عدم دریافت خدمات کلیدی و ارزشمند اکوسیستم تاثیر دارند (Bradford et al., 2018).

- **سازوکار بازخورد**

علفزارها در دو نظام گیاهان علفی و گیاهان چوبی به طور متناوب جایگزین یکدیگر می‌شوند. ساختار گیاهان علفی شامل یک لایه گیاهان علفی و یک لایه گیاهان چوبی ناپیوسته است که در اکثر مناطق جهان با آتش‌سوزی‌های مکرر حفظ می‌شود و نهال گیاهان چوبی توسط آتش از بین می‌رود و مانع رسیدن این نهال‌ها به بلوغ می‌شود و تحت تاثیر آتش‌سوزی قرار نمی‌گیرند. معمولا مناطقی که از این نظام تبعیت می‌کنند به عنوان چراگاه دام یا زیستگاهی برای حیات وحش مورد استفاده قرار دارند. نظام گیاهان چوبی تحت گسترش گیاهان بوته‌ای یا درختی هستند. پس از استقرار گیاهان چوبی به ندرت توسط سرشاخه‌خواری و آتش از بین می روند. این نظام ممکن است نواحی پیوسته‌ای را پوشش دهد یا به صورت موازییکی از لکه‌هایی از گیاهان چوبی در داخل علفزارها پراکنش یابند. این بخش از پوشش گیاهی اغلب در طول زمان بسیار پایدار هستند. از این نظام عمدتا برای تولید محصولات چوبی و غیرچوبی مانند سوخت، غذا، دارو و مواد خام (برای ساختمان و

[9] Social–ecological system
[1] Coupled human and natural systems
[1] Resilience

صنایع دستی و ابزار) استفاده می‌شود (Scheffer et al., 2001). پویایی سیستم اجتماعی – اکولوژیکی هر یک از این دو نظام گیاهان علفی و چوبی تحت غالبیت حلقه‌های بازخورد رقابتی (هم فرآیندهای اکولوژیکی که تعامل بین عوامل غیرزیستی و زیستی محرک سیستم را نشان می‌دهد و فرآیندهای اجتماعی که رفتار انسانی و فرایندهای سازمانی مؤثر بر سیستم را کنترل می‌کنند) قرار دارند که به طور همزمان کار می‌کنند و نظام پوشش گیاهی را تعیین می‌کنند. حلقه‌های بازخورد رقابتی شامل حلقه‌های بازخورد متعادل‌کننده (باعث کاهش یا معکوس شدن تغییر در یک سیستم می‌شود و می‌تواند منبع ثبات و مقاومت در برابر تغییر باشد) و تقویت‌کننده (دربرگیرنده فرآیندهای تقویت‌کننده وخود تکثیری هستند که می‌توانند مثبت یا منفی باشند و از این رو باعث رشد یا فروپاشی سریع سیستم در طول زمان شوند) هستند. مجموعه حلقه‌های بازخوردی که در یک زمان خاص بر سیستم حاکم می‌شود، نظام فعلی سیستم را تعیین می‌کند (Luvuno et al., 2018). تغییر نظام زمانی رخ می‌دهد که در مجموعه حلقه‌های بازخورد غالب تغییری ایجاد شود. این موضوع می‌تواند به دو دلیل رخ دهد. اول اینکه، یک عامل تشدید کننده بیرونی به سیستم وارد شود، دوم اینکه، به دلیل تضعیف تدریجی محرک‌های موجود در سیستم تغییر نظام رخ می‌دهد (Folke et al., 2004). تغییرات آهسته ممکن است به تدریج بازخورد غالب را بدون تغییر قابل مشاهده در سیستم تضعیف کند تا زمانی که یک عامل تشدید کننده بیرونی به سیستم برخورد کند و باعث شود که از آستانه بحرانی عبور کند و به یک نظام جایگزین انتقال یابد. اغلب، تغییر نظام سیستم از ترکیبی از عوامل تشدید کننده و تغییرات تدریجی در محرک‌های داخلی و خارجی ناشی می‌شود. محرک‌هایی که بر بازخوردهای سیستم تأثیر می‌گذارند می‌توانند داخلی (در یک حلقه بازخورد و تحت تأثیر بازخورد باشند) یا خارجی (خارج از حلقه‌های بازخورد و تحت تأثیر تغییرات سیستم اجتماعی – اکولوژیکی) باشند. تغییر نظام اغلب تأثیر اساسی بر مجموعه خدمات اکوسیستمی ارائه شده توسط یک اکوسیستم یا سیستم اجتماعی – اکولوژیکی و در نتیجه بر رفاه انسان دارد (Biggs et al., 2012). معکوس کردن یک تغییر نظام مستلزم درک کافی از سیستم است تا مشخص شود کدام بازخورد غالب است و چه اقدامات یا محرک‌هایی می‌توانند حلقه‌های بازخورد ناخواسته را بشکنند یا حلقه‌های بازخورد از دست رفته را دوباره ایجاد کنند. قدرت بازخورد غالب تعیین می‌کند که تاچه حدی می‌توان یک تغییر نظام خاص معکوس را ایجاد کرد. علاوه براین، توجه به این نکته مهم است که سطوح آستانه محرک‌ها که باعث تغییر از یک نظام به نظام دیگر می‌شوند ممکن است با آستانه مورد نیاز برای تغییر سیستم به عقب متفاوت باشد (که به عنوان پدیده هیسترزیس[1]شناخته می‌شود و مشخصه بسیاری از تغییرات نظام است) (Biggs et al., 2012). توجه به پدیده گسترش به عنوان یک تغییر نظام اجتماعی – اکولوژیکی، تمرکز را از محرک‌های منفرد دور می‌کند و سیستم گسترده‌تر با تأکید بر اثرمتقابل بین فرایندهای بازخورد به ویژه تعامل بین فرایندهای اجتماعی و اکولوژیکی را مورد توجه قرار می‌دهد.

- **نظام گیاهان علفی و چوبی**

در نظام گیاهان علفی، حلقه بازخورد آتش در سیستم حاکم است. آتش به ندرت گیاهان چوبی بالغ را از بین می‌برد اما تاثیر منفی بر نهال گیاهان چوبی دارد. آتش‌سوزی‌های مکرر از گسترش نهال‌های گیاهان چوبی نابالغ جلوگیری می‌کنند. این نهال‌ها ممکن است چندین دهه در این وضعیت باقی بمانند زیرا نمی‌توانند به سرعت جوانه بزنند و از آتش‌سوزی‌های مکرر فرار کنند. بنابراین، آتش تراکم گیاهان چوبی را کاهش می‌دهد و از بسته شدن تاج پوشش این گیاهان جلوگیری می‌کنند که باعث می‌شود نور کافی به گیاهان علفی C_4 برسد. آتش به ویژه در علفزارهای مرطوب به عنوان حلقه بازخورد تقویت‌کننده در نظر گرفته می‌شود زیرا بارندگی کافی برای بسته شدن تاج پوشش گیاهان چوبی وجود دارد. علفزارهای خشک به دلیل داشتن تولید کمتر از تعداد آتش‌سوزی کمتری برخوردارند زیرا آب و مواد مغذی به عنوان عوامل محدودکننده از بسته شدن تاج پوشش این گیاهان جلوگیری می‌کنند. اگرچه آتش یک عنصر اکولوژیکی است ولی وسعت، فراوانی و شدت آن تا حدزیادی توسط عامل انسانی تعیین می‌شود. از این رو، اندازه جمعیت و کاربری اراضی با تاثیرگذاری بر فراوانی، فصل و مکان آتش که موثر بر شدت آتش است تاثیرقابل توجهی بر نظام آتش‌سوزی دارد. تولید گیاهان علفی زیاد است (که تحت تاثیر رطوبت خاک، مواد مغذی، نور و بازخورد علفخواران قرار می‌گیرد) که باعث آتش‌سوزی‌های مکرر و شدیدتر می‌شود. تعداد علفخواران به نوبه خود تحت تاثیر تقاضای انسان برای غذا، ارجحیت‌های مصرف انسان، دستیابی به زمین، تنظیمات مختلف سازمانی (بر اساس کاربری اراضی و سیستم‌های ارزشی) قرار می‌گیرد (Luvuno et al., 2018). نظام گیاهان چوبی، تحت تاثیر دو حلقه بازخورد تقویت‌کننده خرد اقلیم– استقرار نهال (که در علفزارهای خشک غالب است) و بازخورد تقویت‌کننده مهار آتش (که به احتمال زیاد در علفزارهای مرطوب رخ می‌دهد) قرار دارد. بازخورد اطفای حریق مستقیما تحت تاثیر سیاست‌های آتش‌سوزی است که با رشد جمعیت منطقه‌ای و شهرنشینی مرتبط است. در علفزارهای خشک گسترش گیاهان چوبی هنگامی رخ می‌دهد که بذر کافی از گیاهان چوبی وجود داشته باشد و تعداد بارندگی بیشتری در یک منطقه رخ دهد و رقابت برای دسترسی به منابع بیشتر تسهیل شود. تسهیل هنگامی رخ می‌دهد که گیاهان چوبی بالغ موجود مواد غذایی و آب را با کاهش تبخیر و افزایش نفوذ از طریق سایه‌اندازی و نفوذ از طریق ریشه به دام می‌اندازند و حفظ می‌کنند. بنابراین، یک خرد اقلیم ایجاد می‌کنند که گسترش گیاهان چوبی را افزایش دهد. علاوه بر این، گیاهان چوبی مستقر با انباشتن آب و مواد مغذی در عمق بیشتر خاک باعث ایجاد جزایر حاصلخیزی می‌شوند که بر یکدیگر تاثیر مثبت دارد. با این وجود رقابت بین گیاهان چوبی به منظور دستیابی به منابع می‌تواند

[1] Hysteresis [2]

رشد این گیاهان را در علفزارهای خشک کاهش دهد. در علفزارهای مرطوب مهار آتش (از طریق قانون‌گذاری برای آتش‌سوزی و راهبردهای مدیریت زمین) به نهال گیاهان چوبی این فرصت را می‌دهد تا به عنوان یک گیاه چوبی بالغ قرارگیرند (در مکانی که آتش و سرشاخه‌خواری وجود دارد اجازه استقرار را به نهال گیاهان چوبی نمی‌دهند). در صورتی که پوشش گیاهان چوبی بیش از ۴۰ درصد باشد کاهش نور باعث کاهش تولید گیاهان علفی C_4 می‌شود (گیاهان علفی با شدت نور زیاد سازگار هستند). پس یک حلقه بازخورد تقویت‌کننده قدرتمند ایجاد می‌شود زیرا با کاهش تولید گیاهان علفی باعث کاهش شدت و فراوانی آتش در منطقه می‌شود که به نفع استقرار گیاهان چوبی است (Luvuno et al., 2018 ؛ Leakey et al., 2009 ؛ Stevens et al., 2014). محرک‌های گسترش گیاهان چوبی را می‌توان به محرک‌های داخلی (تغییرات داخلی سیستم) و خارجی و عوامل تشدید کننده طبقه‌بندی نمود. این محرک‌ها نقش‌های مختلفی را به منظور ایجاد، شروع و پایداری گسترش گیاهان چوبی ایفا می‌کنند که تشخیص این امر به منظور مهار گسترش گیاهان چوبی ضروری است (Stevens et al., 2014).

- **محرک‌های داخلی**

مجموعه‌ای از محرک‌های داخل سیستم که تغییرات داخلی سیستم را ایجاد می‌کنند که علفزار را به سمت یک نظام گیاهان علفی یا گیاهان چوبی سوق می‌دهد که شامل تغییرات در تراکم گیاهان چوبی، علفخوران، سرشاخه‌خواران و رطوبت خاک است که بر فراوانی و شدت آتش‌سوزی تاثیر می‌گذارند که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند. در چشم‌انداز تراکم گیاهان چوبی به آهستگی تغییر می‌کند و برحلقه بازخورد خرد اقلیم – استقرار نهال و حلقه بازخورد مهار آتش که در نظام گیاهان چوبی غالب هستند تاثیر می‌گذارند و به آن‌ها پاسخ می‌دهند. علاوه براین، تغییر تراکم گیاهان چوبی بر رفتار آتش تاثیر می‌گذارد که تحت تاثیر تولید گیاهان علفی، تغییرپذیری و فصلی بودن بارندگی، پوشش گیاهان چوبی، توپوگرافی و چرا قرار دارد (Luvuno et al., 2018). علفخواران و سرشاخه‌خواران جزء طبیعی علفزار هستند اما تعداد علفخوار و سرشاخه‌خوار تحت تاثیر تقاضا برای غذا، ارجحیت‌های مصرفی، دسترسی به زمین و تنظیمات مختلف سازمانی (براساس کاربری اراضی و سیستم‌های ارزشی) قرار دارند. چرای شدید علفخواران باعث افزایش زادآوری نهال‌های گیاهان چوبی از طریق کاهش رقابت با گیاهان علفی می‌شود مشروط بر این که مرگ و میر نهال‌های گیاهان چوبی از طریق برداشت توسط دام و لگدکوبی آن‌ها افزایش نیابد و میزان بارندگی بالاتر از حد میانگین در علفزارهای خشک وجود داشته باشد. چرای سنگین در علفزارهای مرطوب منبع سوخت آتش را از طریق تعلیف علوفه و لگدکوبی کاهش می‌دهد در نتیجه فراوانی و شدت آتش به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. چرای بیش از حد باعث کاهش اثر رقابت گیاهان علفی بر نهال‌های گیاهان چوبی می‌شود زیرا یک لایه گیاه علفی متراکم می‌تواند بر رشد و بقای گیاهان چوبی تاثیر منفی گذارد. چرای طولانی مدت در علفزارهای خشک و مرطوب به طور مداوم باعث افزایش تراکم گیاهان چوبی در طی دوره‌های ۵ تا ۴۰ ساله می‌شود. تصور براین است که از دست دادن سرشاخه‌خواران تحت تاثیر مدیریت انسانی و شکار به ویژه حیوانات بزرگ یکی از محرک‌های اصلی گسترش گیاهان چوبی رخ می‌دهد. سرشاخه‌خواران غالبیت حلقه بازخورد خرد اقلیم – استقرار نهال که قادر به گسترش گیاهان چوبی می‌شود را به حداقل می‌رساند(Stiven, 2017). دسترسی به آب بر کلیه اجزای اکوسیستم علفزار تاثیر می‌گذارد و عامل محدودکننده حیاتی برای رشد گیاهان در علفزار است. سنجش بهره‌وری گیاهان از فنولوژی تا سرعت رشد به میزان بارندگی در منطقه بستگی دارد. در علفزارهای مناطق خشک، افزایش رطوبت خاک (بارندگی مکرر زیاد) باعث استقرار نهال گیاهان چوبی می‌شود و تمایل به استقرار گونه‌های چوبی دارد. بارندگی بالاتر از حد میانگین در سه سال متوالی برای استقرار گیاهان چوبی ضروری است. در علفزارهای مناطق مرطوب، افزایش رطوبت خاک بر افزایش تولید گیاهان علفی کمک می‌کند بنابراین بار سوخت و شدت آتش زیاد می‌شود و باعث حفظ نظام گیاهان علفی می‌شود (Luvuno et al., 2018).

- **محرک‌های بیرونی**

محرک‌های بیرونی شامل محرک‌های اجتماعی و محرک‌های اجتماعی– اکولوژیکی می‌باشند (مهار آتش، کاربری اراضی) که عبارتند از رشد جمعیت و شهرنسینی، کاربری اراضی وترتیبات سازمانی و جهانی و گاز دی‌اکسید کربن. این محرک‌ها شامل محرک‌های فیزیکی قابل سنجش (رشد جمعیت، برداشت درختان) و ویژگی‌های پیچیده نوظهور (مدل‌های حکمرانی، جهان‌بینی یا ذهنی) است که سنجش آن دشوار است. ویژگی‌های پیچیده نوظهور بر محرک‌های اجتماعی و محرک‌های اجتماعی – اکولوژیکی از طریق قوانین و نظام‌های ارزشی (که بر کاربری اراضی و تنظیمات سازمانی سیستم‌های مدیریت تاثیر دارند) تاثیر می‌گذارد. رشد جمعیت انسانی می‌تواند محرک‌های (متغیرها و فرایندهای) داخلی سیستم را به نحوی که پوشش گیاهان چوبی و پتانسیل برای گسترش آن را افزایش یا کاهش دهد را تحت تاثیر قرار دهد. با افزایش جمعیت، تقاضای غذا با توجه به ارجحیت‌های مصرف فعلی باعث افزایش علفخواران می‌شود. علاوه براین در اکثر فرهنگ‌ها بسته به نوع علفخوار مجموعه‌ای ارزش‌های فرهنگی – اجتماعی– اقتصادی نیز وجود دارد. تقاضا برای گردشگری در زیستگاه حیات وحش باعث شده است که مدیران تعداد گونه‌های جانوری مناسب برای شکار یا تفریح که برای گردشگران جذاب است را افزایش دهند. ورود این جانوران می‌تواند گسترش گیاهان چوبی را تحت تاثیر قرار دهد. از سویی دیگر به منظور بهبود دید حیوانات برای شکار، مدیران در پاکسازی یا حذف گیاهان چوبی یا افزایش فراوانی آتش برای مدیریت گیاهان چوبی سرمایه‌گذاری می‌کنند (Stevens et al., 2014). در بسیاری

از مناطق روستایی تقاضای غذا ممکن است منجر به افزایش تعداد سرشاخه‌خواران شود. افزایش جمعیت باعث افزایش برداشت گیاهان چوبی می‌شود که کاهش میزان زیست توده گیاهان چوبی بالغ در علفزارها به دنبال دارد و تاثیر مستقیمی بر حلقه بازخورد خرد اقلیم – استقرار نهال دارد (که این حلقه رشد گیاهان چوبی را تقویت می‌کرد). همانگونه که کشورها توسعه می‌یابند تمایل دارند اقتصاد خود را فارغ از کشاورزی به تولید و خدمات تغییر دهند. بنابراین با شهرنشینی سریع جهان برآورد شده است تا سال ۲۰۲۰، ۵۰ درصد از جمعیت کشورهای در حال توسعه در شهرها زندگی کنند. روستازدایی منجر به افزایش قابل توجه گسترش گیاهان چوبی در مزارع متروکه و مکان دیگر شده است (Luvuno et al, 2018). شیوه‌های مدیریتی و ترتیبات سازمانی مبتنی بر مدل‌های ذهنی و جهان‌بینی خاصی است که بر درک علمی و دانش اکولوژی محلی مبتنی است. مدل‌های ذهنی درک از نحوه عملکرد یک سیستم براساس تعاملات بین عوامل و مولفه‌ها، مباحث بحرانی و پیوندهای علیت را منعکس می‌کند (Luvuno et al, 2018). قوانین اطفای حریق براساس نگرش جهان‌بینی در سال ۱۹۶۲ اجرا شد، این دیدگاه آتش را به عنوان اثر نامطلوب در علفزار معرفی نمود. اطفای حریق به کاهش فراوانی و شدت آتش در یک سیستم در مقایسه با نظام آتش‌سوزی طبیعی یا تاریخی اشاره دارد. از آنجایی که آتش تاثیر منفی زیادی بر رشد و استقرار گیاهان چوبی دارد مهار آتش باعث افزایش گیاهان چوبی می‌شود، غالبیت حلقه بازخورد آتش را کاهش می‌دهد و غالبیت حلقه بازخورد خرد اقلیم – استقرار نهال را افزایش می‌دهد. عدم تجویز آتش تاثیر عمده‌ای بر افزایش گونه‌های چوبی در علفزارهایی دارد که دامنه بارندگی ۳۸۶ تا ۱۹۰۰ میلی‌متر در سال است. در شرایط محرومیت از آتش، تراکم گیاهان چوبی در مقایسه با نظام‌های آتش‌سوزی ۵/۸ درصد در اکوسیستم‌ها بیشتر گزارش شده است. نظام‌ها و ساختارهای اجتماعی و سیاسی در حال تغییر در کشورهای در حال توسعه مثال‌هایی از چگونگی گسترش گیاهان چوبی براساس پیوندهای سیستم‌های اجتماعی–اکولوژیکی است. این تغییرات به‌طور غیرمستقیم منجر به افزایش گسترش گیاهان چوبی شده است (Luvuno et al, 2018). در حال حاضر گرم شدن کره زمین و افزایش غلظت گاز دی‌اکسیدکربن محرک‌های اصلی گسترش گیاهان چوبی هستند. زیرا رشد ریشه گیاهان چوبی را تسریع می‌کنند و درصد جوانه‌زنی نهال گیاهان چوبی را پس از آتش‌سوزی افزایش می‌دهند. علاوه براین، کارایی مصرف آب گیاهان چوبی را افزایش می‌دهند و به طور بالقوه می‌تواند دوره رشد تابستانی گیاهان را زیاد کنند که نرخ زندمانی گیاهان چوبی را افزایش دهند. در این خصوص دو فرضیه مطرح است. فرضیه اول بیان می‌کند سطوح بالاتر غلظت گاز دی‌اکسیدکربن به نفع فتوسنتز گیاهان C_3 (گیاهان چوبی) نسبت به گیاهان C_4 (گیاهان علفی استوایی) است که رشد گیاهان چوبی را تسریع می‌کند و می‌تواند نهال را سریع‌تر از تله آتش رشد دهد و فراری دهد. مقایسه پاسخ مختلف اکوسیستم‌ها به غلظت بالای گاز دی‌اکسیدکربن تفاوت‌های قابل توجهی را بین علفزارهای مناطق خشک، مراتع و جنگل‌ها نشان داده است. به طور متوسط افزایش تولید در سطح بالای زمین در علفزارهای مناطق خشک به طور قابل توجهی بیشتر از جنگل‌ها و مراتع است و جنگل‌ها تولید اولیه خالص بالاتری نسبت به علفزارهای دارند. در فرضیه دوم سطوح بالاتر غلظت دی‌اکسیدکربن ممکن است تعرق گیاهان را از طریق کاهش هدایت روزنه‌ای کاهش دهد و باعث فیلتراسیون بیشتر آب و افزایش رطوبت خاک شود. این امر به ویژه در علفزارهای مناطق خشک اهمیت دارد زیرا گیاهان چوبی می‌توانند زیست توده بیشتری را برای همان میزان بارندگی تولید کنند (Leakey et al., 2009؛ Stevens et al., 2014؛ Luvuno et al., 2018).

- **عوامل تشدید کننده**

خشکسالی‌ها با کاهش احتمالی آتش‌سوزی نقش مهمی در گسترش گیاهان چوبی دارد. از آنجایی که گیاهان علفی می‌میرند یا چرا می‌شوند و به ندرت آتش‌سوزی رخ می‌دهد. خشکسالی‌های شدید زیست توده گیاهان علفی را کاهش می‌دهد و هنگام بارندگی بازیابی گیاهان علفی به طور آهسته انجام می‌شود در طول این مدت استقرار گیاهان چوبی به سرعت در غیاب گیاهان علفی رخ می‌دهد. در مقابل فراوانی بالای بارندگی در علفزارهای مناطق خشک، نهال گیاهان چوب برتری رقابتی بر گیاهان علفی دارند. استقرار نهال در علفزارهای مناطق خشک معمولا در طول سال‌های متوالی با بارندگی بیشتر رخ می‌دهد. فراوانی و شدت خشکسالی و رخدادهای زیاد بارندگی تحت تاثیر افزایش غلظت گاز دی‌اکسیدکرین و گرم شدن اقلیم است (Kraaij and Ward, 2006).

- **راهکارهای مدیریتی به منظور یکپارچه‌سازی شیوه‌های مدیریتی برای کاهش آسیب‌پذیری در چشم‌انداز**

مدیریت کارآمد نیاز به یافتن نقاطی در سیستم برای مداخله دارد. جایی که تغییر در سیستم بیشترین سود را به همراه دارد به نقاط اهرمی معروف است. این امر مستلزم دانش مناسب از سیستم مانند دانش متغیرها، جریان‌ها، تاخیر در جریان‌ها یا پاسخ متغیرها و حلقه‌های بازخورد است. مدیریت موثر بر دستکاری جریان‌های بازخوردها در سیستم با در نظر گرفتن تاخیرهای احتمالی متمرکز است. نقاط کلیدی اهرم در سیستم علفزار شامل دستکاری آتش، سرشاخه‌خواران و قطع دستی است (Luvuno et al., 2018). در نظر گرفتن اینکه چگونه شیوه‌های فردی آسیب‌پذیری در برابر گسترش و غالیت گیاهان چوبی را تغییر می‌دهند و چگونه این شیوه‌ها برای مدیریت گسترش گیاهان چوبی به عنوان یک فرآیند چشم‌انداز پویا نیازمند آن است که با هم ترکیب شوند اهمیت دارد. با پدیده‌ایی روبرو هستید که با سلاح‌های معمولی و شناخته شده قابل حذف نیست. توانایی روش‌های کنترلی برای مدیریت مرحله خاصی از فرآیند گسترش گیاهان چوبی متفاوت است، برخی از آن‌ها در شرایط خاص مفیدتر از سایرین هستند و هرکدام دارای موانعی هستند که توانایی‌شان در برابر افزایش مقیاس محدود می‌کند

(Twidwell et al., 2021). فقط آتش پتانسیل مدیریت کل فرآیند گسترش گیاهان چوبی را دارد – به همین دلیل است که گیاهان چوبی از نظر تاریخی بسیار نادر بوده‌اند. قطع دستی، جمع‌آوری علوفه یا چرای سرشاخه‌خواران می‌توانند مراحل اولیه پدیده گسترش گیاهان چوبی را هدف قرار دهند (نهال‌ها)، در حالی که ماشین آلات مکانیکی سنگین و استعمال‌های شیمیایی، درختان بالغ و مستقر را بیشتر هدف قرار می‌دهند (Twidwell et al., 2021). باید توجه داشت که حذف مکانیکی، جمع‌آوری علوفه و قطع دستی تنها با تغییر در معرض قرار گرفتن مخاطره را تغییر می‌دهند. البته، این روش‌ها اگر در معرض قرار گرفتن توسط منابع بذر مجاور واقع در خارج از مکان را نیز هدایت کند کمترین تأثیر را بر آسیب‌پذیری مکان دارند. در مقابل، سرشاخه‌خواری فقط حساسیت یک مکان را تغییر می‌دهد. فقط آتش پتانسیل تغییر حساسیت و در معرض قرارگیری را دارد، اما برخی افراد اغلب از آسیب آتش می‌گریزند و به رویکردهای مدیریت یکپارچه تکمیلی نیاز دارند. با توجه به گستردگی پدیده گسترش گیاهان چوبی در مراتع امروزی، تنها یک رویکرد مدیریت یکپارچه احتمالاً مخاطره و آسیب‌پذیری بالایی که در حال حاضر مشخصه اکثر چشم‌اندازهای علفزار است را کاهش می‌دهد (Twidwell et al., 2021). بنابراین دستکاری فراوانی آتش به شدت بر نسبت گیاهان چوبی به گیاهان علفی به ویژه در علفزارهای مرطوب تاثیر می‌گذارد. افزایش فراوانی آتش در یک سیستم باعث بازسازی گیاهان علفی می‌شود که تاثیر منفی بر استقرار نهال گیاهان چوبی از طریق رقابت دارد و نهال گیاهان چوبی را به منظور کنترل گسترش گیاهان چوبی سرکوب می‌کند (از بین می‌برد). نظام‌های آتش‌سوزی معمولی قادر به مهار اثرات گاز دی‌اکسیدکربن نمی باشند که نشان می‌دهد برای جلوگیری از گسترش گیاهان چوبی به شدت بالاتر آتش نیاز است. آتش‌سوزی‌های شدید اواخر فصل نسبت به آتش‌سوزی‌های کم تا حد متوسط تا حد زیادی پوشش گیاهان چوبی را کاهش می‌دهد. بنابراین استفاده راهبردی از آتش‌سوزی‌هایی با شدت بالا برای حفظ یک چشم‌انداز ناهمگن ضروری است. سرشاخه‌خواران می‌توانند رشد گیاهان چوبی را سرکوب و استقرار نهال گیاهان چوبی را محدود کنند و تاج پوشش را کاهش دهند. حذف گسترده سرشاخه‌خواران و جانوران بزرگ در مقیاس وسیع عاملی برای افزایش پوشش گیاهان چوبی در نظر گرفته می‌شود. بازگرداندن سرشاخه‌خواران به علفزارها می‌تواند تاثیر منفی بر گیاهان چوبی بالغ و نهال آن‌ها داشته باشد و بازخوردهایی را به نفع گیاهان علفی تغییر دهد (Luvuno et al., 2018؛ Smit et al., 2016).

۴- نتیجه‌گیری

این مقاله با توجه به بررسی مطالعات صورت گرفته، درک اکولوژیکی از گسترش گیاهان چوبی را در علفزار را به یک دیدگاه اجتماعی – اکولوژیکی توسعه می‌دهد. توجه به گسترش گیاهان چوبی به عنوان یک تغییر ساختار اجتماعی – اکولوژیکی تمرکز را از محرک‌های منفرد دور می‌کند و سیستم گسترده‌تر را با تاکید بر ارتباطات متقابل بین فرایندهای بازخورد اساسی به ویژه تعامل بین فرایندهای اجتماعی و اکولوژیکی در نظر می‌گیرد. بررسی و تحلیل مطالعات صورت گرفته نشان دادند که انسان تاثیر محلی و جهانی بر علفزارها دارند و این تغییر فزاینده از نظام گیاهان علفی به گیاهان چوبی ممکن است در نهایت تا حد زیادی با رشد جمعیت مرتبط باشد. با توجه به ارجحیت‌ها و فناوری‌های مصرفی فعلی، رشد جمعیت با افزایش تقاضا برای تولید دام به عنوان منبع غذا و افزایش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن از طریق فعالیت‌های مختلف انسانی مرتبط است. همچنین ارتباط مستقیمی بین رشد جمعیت انسانی و مهار آتش وجود دارد. همه این عوامل بیشتر بر سیستم‌های علفزار تاثیر می‌گذارند به گونه‌ای که احتمال گسترش گیاهان چوبی را افزایش می‌دهند. شناسایی نقاط کلیدی اهرمی در قالب حلقه‌های بازخورد و محرک‌ها برای مدیریت موثر سیستم‌های علفزار ضروری است. جمع‌بندی مطالعات نشان داد در علفزارهای مناطق مرطوب بازخورد آتش و بازخوردهای آتش – رقابت نظام گیاهان علفی را حفظ می‌کند. در حالی که آب عامل محدودکننده‌ای است که از استقرار گیاهان چوبی در علفزارهای مناطق خشک جلوگیری می‌کند. بنابراین تغییر نظام آتش‌سوزی‌های مکرر و قطع دستی راهبردی است که به عنوان اهرم کلیدی در حفظ یک نظام گیاهان علفی است در مقیاس وسیع‌تر تاثیرگذاری بر ارجحیت‌های مصرفی یا فناوری‌ها به روش‌هایی که فشار چرا و انتشار گازهای دی‌اکسیدکربن را کاهش می‌دهد می‌تواند نقش کلیدی در حفظ علفزارها داشته باشد. امکان شناسایی نقاط اهرمی مستقیم محلی و غیرمستقیم جهانی به روشی یکپارچه در یک تحلیل واحد نقطه قوت کلیدی چارچوب پایگاه داده تغییر نظام است. این مقاله بر گسترش گیاهان چوبی در علفزار متمرکز شده است اما فرایندهای مشابه می‌توانند منجر به جابه جایی بین بیوم‌ها شوند. در مناطق خاصی علفزارها، مراتع و جنگل‌ها به عنوان نظام‌های متناوب تحت شرایط آب و هوایی یکسان رخ می‌دهند و جابه جایی بین آن‌ها ممکن است زمانی صورت گیرد که عواملی همچون فراوانی بارندگی و آتش تغییر کنند. از دست دادن گیاهان علفی در علفزارهای مناطق مرطوب با فقدان تاب‌آوری به تغییرات اقلیمی[۳](ناشی از فعالیت انسان) و افزایش غلظت گاز دی‌اکسیدکربن همراه است. به طور مشابه افزایش رویدادهای بارندگی از عوامل تشدید کننده‌ای هستند که سیستم مناطق خشک را تحت تاثیر قرار می‌دهند و آن را به سمت یک نظام گیاهان چوبی سوق می‌دهد. ازآنجایی که پویایی علفزارها در حال تغییر است غلظت‌های گاز دی‌اکسیدکربن بر پویایی تاریخی این سیستم‌ها تاثیر می‌گذارد. در این راستا، تغییرات در غلظت گاز دی‌اکسیدکربن فرصت تحقیقات جدیدی را فراهم می‌کند. این امر نیاز به تحقیقات جدیدی برای بررسی تاثیر دما، غلظت گاز دی‌اکسیدکربن بر علفزارها و گسترش گیاهان چوبی دارد که در نهایت می‌تواند منجر به آشکارسازی تاثیر آن بر رقابت گیاهان علفی و چوبی و در نتیجه در سیاست‌ها و راهبردهای مدیریتی شود.

[1] Resilience to environmental changes

منابع

- Anadon, J. D., et al. 2014. Effect of woody-plant encroachment on livestock production in North and South America. Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 111(35), P. 12948-12953. https://doi.org/10.1073/pnas.1320585111
- Archer, S. R., et al. 2011. Brush management as a rangeland conservation tool: A critical evaluation. Conservation Effects Assessment Project. US Department of Agriculture National Soil Conservation Service.
- Archer, S.R., et al. 2017. Woody Plant Encroachment: Causes and Consequences; Rangeland Systems; Springer: Cham, Switzerland; ISBN 978-3-319-46707-8.
- Biggs, R., et al. 2012. In Encyclopedia of Theoretical Ecology; Hastings, A., Gross, L., Eds.; University of California Press: Ewing.
- Bradford, P., et al. 2018. Viewing Woody-Plant Encroachment through a Social–Ecological Lens. BioScience. Vol. 68, P. 691–705.
- Folke, C. et al. 2004. Resilience, and Biodiversity in Ecosystem Management. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. Vol. 35, P. 557–581.
- Gray, E. F., Bond, W. J. 2013. Will woody plant encroachment impact the visitor experience and economy of conservation areas? Koedoe, Vol. 55(1), P. 1-9. https://doi.org/10.4102/koedoe.v55i1.1106
- Kraaij, T.;Ward, D. 2006. Effects of Rain, Nitrogen, Fire and Grazing on Tree Recruitment and Early Survival in High-Intensity Fires for ReversingWoody Encroachment in Savannas. J. Appl. Ecol. 53, 1623–1633.
- Leakey, A. D. B., et al. 2009. Elevated CO2 Effects on Plant Carbon, Nitrogen, and Water Relations: Six Important Lessons from FACE. J. Exp. Bot., Vol. 60, P. 2859–2876.
- Liao, C., et al. 2020. Landscape sustainability science in the drylands: mobility, rangelands and livelihoods. Landscape Ecology. Vol. 35(11), P. 2433-2447. https://doi.org/10.1007/s10980-020-01068-8
- Liu, J. G. 2007. Complexity of coupled human and natural systems. Science, Vol. 317, P. 1513–1516.
- Luvuno, L., et al. 2018. Woody encroachment as a social-ecological regime shift. Sustainability, Vol. 10(7), P. 2221. https://doi.org/10.3390/su10072221
- Luvuno, L., et al. 2022. Perceived impacts of woody encroachment on ecosystem services in Hluhluwe, South Africa. Ecology and Society, Vol. 27(1):4. https://doi.org/10.5751/ES-12767-270104
- Rajala, K. 2018. Ecosystem Transformation Across a Changing Social Landscape: Landowner Perceptions and Responses to Woody Plant Encroachment. Thesis submitted to the faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science In Forest Resources and Environmental Conservation.
- Scheffer, M.; et al. 2001. Catastrophic Shifts in Ecosystems. Nature, Vol. 413, P. 591–596.
- Stevens, N.; et al. 2014. Increasing Temperatures Can Improve Seedling Establishment in Arid-Adapted Savanna Trees. Oecologia, Vol. 175, P. 1029–1040.
- Tabares, X.; et al. 2020. Vegetation state changes in the course of shrub encroachment in an african savanna since about 1850ce and their potential drivers. Ecol. Evol., Vol. 10, P. 962–979.
- Twidwell, D., et al. 2013. The rising Great Plains fire campaign: citizens' response to woody plant encroachment. Frontiers in Ecology and the Environment, Vol. 11, P. 64–71. e64–e71, https://doi.org/10.1890/130015
- Wang, X., et al. 2020. Does Shrub Encroachment Indicate Ecosystem Degradation? A Perspective Based on the Spatial Patterns of Woody Plants in a Temperate Savanna-Like Ecosystem of Inner Mongolia, China. Forests, Vol. 11, P. 1248, https://doi.org/10.3390/f11121248
- Wilcox, B. P., et al. 2018. Viewing woody-plant encroachment through a social-ecological lens. BioScience, Vol. 68(9), P. 691-705. https://doi.org/10.1093/biosci/biy051