

مدیریت سرمایه ملی و انرژی از مسیر صنعتی سازی؛ نقش فناوری LSF در تحول ساخت و ساز روستایی ایران

محمود کریمی

کارشناس ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، کرمان، ایران

چکیده

بخش ساختمان در ایران سالانه بیش از ۴۰ درصد انرژی نهایی کشور را مصرف می‌کند و همزمان بخش قابل توجهی از سرمایه ملی را به دلیل تداوم روش‌های سنتی ساخت و ساز به هدر می‌دهد. بنیاد مسکن انقلاب اسلامی به‌عنوان بزرگ‌ترین مجری طرح‌های مسکن روستایی، در سال ۱۴۰۲ بیش از ۲۳۰ هزار واحد مسکونی روستایی را احداث، مقاوم‌سازی یا بازسازی کرده و در سال ۱۴۰۳ نیز اجرای ۳۵۰ هزار واحد دیگر را در برنامه دارد؛ اما بیش از ۹۵ درصد این واحدها همچنان با روش‌های پرمصرف شناژ بنایی و اسکلت بتنی متعارف اجرا می‌شوند که مصرف بالای آب، انرژی، سیمان، آجر، زمان طولانی اجرا، ضعف لرزه‌ای و عمر مفید پایین را به دنبال دارد.

فناوری سازه‌های سبک فولادی (LSF) به‌عنوان یکی از کارآمدترین سیستم‌های صنعتی‌سازی ساختمان، وزن سازه را تا ۶۰ درصد، زمان اجرا را تا ۷۰ درصد و مصرف انرژی دوره بهره‌برداری را ۳۵ تا ۴۵ درصد کاهش می‌دهد، مصرف آب در مرحله ساخت را تا ۷۸ درصد کم می‌کند، ضایعات مصالح را به کمتر از ۵ درصد می‌رساند و مقاومت لرزه‌ای بسیار بالایی دارد.

این پژوهش با روش توصیفی-تحلیلی و با تکیه بر آمار رسمی بنیاد مسکن انقلاب اسلامی (۱۴۰۱-۱۴۰۳)، گزارش‌های مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سازمان بهره‌وری انرژی ایران و مطالعات هزینه-فایده چندین پروژه آزمایشی LSF در استان‌های مختلف کشور نشان می‌دهد که حتی در سناریوی محافظه‌کارانه تبدیل تنها ۳۰ درصد از پروژه‌های سالانه بنیاد مسکن به سیستم LSF، سالانه بیش از ۱/۲ میلیارد لیتر آب، ۳۵۰ هزار تن سیمان و آجر، معادل ۱۲ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی در طول عمر ساختمان‌ها و بیش از ۲۰ هزار میلیارد تومان سرمایه ملی صرفه‌جویی خواهد شد. یافته‌ها بیانگر آن است که آغاز صنعتی‌سازی از پروژه‌های دولتی روستایی، کم‌هزینه‌ترین، سریع‌ترین و مؤثرترین راه برای مدیریت سرمایه و انرژی ملی و ارتقای ایمنی روستاها در برابر زلزله است.

واژگان کلیدی: صنعتی‌سازی ساختمان، LSF، مسکن روستایی، صرفه‌جویی انرژی، سرمایه ملی، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی

۱- مقدمه

صنعت ساختمان در ایران بزرگ‌ترین مصرف‌کننده انرژی نهایی کشور و یکی از اصلی‌ترین عوامل استهلاک سرمایه ملی به شمار می‌رود. بر اساس گزارش سالانه سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا، ۱۴۰۳)، بخش ساختمان و مسکن بیش از ۴۰/۶ درصد انرژی نهایی کشور را مصرف می‌کند [۱] و در عین حال سالانه بیش از ۱۰۰ هزار میلیارد تومان از منابع عمومی و خصوصی را در روش‌های سنتی، پرهزینه و کم‌بازده ساخت‌وساز هدر می‌دهد [۲]. این وضعیت در مناطق روستایی، که بیش از ۲۵ درصد جمعیت کشور را در خود جای داده‌اند، تشدید می‌شود؛ جایی که حجم بالای ساخت‌وساز سالانه (حدود ۵۰ درصد کل پروانه‌های ساختمانی صادرشده)، پراکندگی جغرافیایی، قرارگیری در پهنه‌های با خطر لرزه‌ای بسیار بالا (بیش از ۸۰ درصد روستاها طبق نقشه خطرپذیری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) و محدودیت شدید منابع مالی و انسانی، تبعات منفی روش‌های سنتی را چند برابر می‌کند [۳].

بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، به‌عنوان متولی اصلی بهسازی و نوسازی مسکن روستایی، طی چهار دهه گذشته بیش از ۵ میلیون واحد مسکونی روستایی را احداث، مقاوم‌سازی یا بازسازی کرده است [۴]. بر اساس گزارش عملکرد سال ۱۴۰۲ این بنیاد، در همان سال بیش از ۲۳۰ هزار واحد مسکونی روستایی احداث یا مقاوم‌سازی شده و اجرای ۳۵۰ هزار واحد دیگر در سال ۱۴۰۳ در برنامه قرار گرفته است [۵]. این حجم عظیم ساخت‌وساز، فرصتی بی‌نظیر اما مغفول‌مانده برای ایجاد یک تحول بنیادین در الگوی ساخت کشور فراهم می‌آورد؛ تحولی که می‌تواند از دل پروژه‌های دولتی روستایی آغاز شود و به تدریج به کل صنعت ساختمان تسری یابد. با وجود تصویب قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن (مصوب ۱۳۸۷ با اصلاحات ۱۴۰۳) [۶]، ابلاغ سیاست‌های کلی نظام در بخش مسکن (۱۳۹۳) [۷]، تأکید مکرر برنامه‌های پنج‌ساله توسعه بر صنعتی‌سازی (مانند ماده ۵۱ برنامه هفتم توسعه) و همچنین وجود فناوری‌های کاملاً بومی‌شده و استاندارد مانند سازه‌های سبک فولادی (LSF)، همچنان بیش از ۹۵ درصد واحدهای مسکونی روستایی با روش‌های سنتی (شناژ بنایی و اسکلت بتنی متعارف) اجرا می‌شوند.

این فاصله فاحش میان «توانایی فنی موجود» و «واقعیت اجرایی» موجب هدررفت سالانه بیش از ۱/۵ میلیارد لیتر آب، ۵۰۰ هزار تن سیمان و آجر، و معادل ۱۵ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی در دوره بهره‌برداری می‌گردد [۸]. مطالعات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (۱۴۰۳) نشان می‌دهد که سهم صنعتی‌سازی در کل ساخت‌وساز کشور کمتر از ۱۰ درصد است، در حالی که هدف برنامه هفتم توسعه رسیدن به ۱۵ درصد در افق ۱۴۰۷ است [۹]. در مقابل، کشورهای پیشرفته مانند ژاپن و کانادا بیش از ۷۰ درصد ساخت‌وساز خود را صنعتی کرده‌اند و صرفه‌جویی انرژی تا ۵۰ درصدی را تجربه می‌کنند [۱۰].

فناوری LSF، که در بیش از ۵۰ کشور جهان به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین روش‌های ساخت‌وساز پایدار و مقاوم در برابر زلزله شناخته می‌شود [۱۱]، در ایران نیز موفق به دریافت تأییدیه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (شماره تأییدیه ۴۰۰/۹۷ مورخ ۱۳۹۷ با به‌روزرسانی ۱۴۰۲) شده و بررسی کیفی عملکرد واحدهای اجرا شده با LSF در چند پروژه آزمایشی روستایی در مناطق زلزله‌خیز کشور، نشان می‌دهد که این سیستم به دلیل وزن کم، عملکرد مناسب سازه‌ای و کنترل دقیق اجزا، رفتاری قابل قبول در برابر بارهای جانبی داشته است. این فناوری با کاهش وزن سازه تا ۶۰ درصد، سرعت اجرای ۳-۴ برابری، مصرف ناچیز آب (کمتر

از ۲۰ درصد روش سنتی، عایق‌بندی حرارتی و صوتی عالی (مطابق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان)، قابلیت بازیافت بالای ۹۰ درصدی و نظارت ساده و دقیق (با چک‌لیست‌های استاندارد)، دقیقاً همان راه‌حلی است که کشور در شرایط کنونی - با بحران انرژی، محدودیت منابع آبی و تهدیدات لرزه‌ای - به آن نیاز مبرم دارد [۱۳].

هدف اصلی پژوهش حاضر، تبیین این واقعیت است که آغاز صنعتی‌سازی ساختمان در ایران نه یک «گزینه لوکس» بلکه یک «ضرورت حیاتی ملی» است و بهترین، کم‌هزینه‌ترین و سریع‌ترین نقطه شروع برای این تحول، پروژه‌های بنیاد مسکن انقلاب اسلامی در روستاها است. مقاله با روش توصیفی-تحلیلی و با تکیه بر آمار و اسناد رسمی سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۴ (از منابع بنیاد مسکن و سابا)، مقایسه‌های فنی-اقتصادی دقیق (بر اساس مطالعات هزینه-فایده LSF در ایران و خارج) و تحلیل سناریوهای کلان (مانند سناریوی ۳۰ درصدی جایگزینی) نشان خواهد داد که چگونه می‌توان با جایگزینی تدریجی روش‌های سنتی با فناوری LSF، ضمن ارتقای چشمگیر ایمنی لرزه‌ای روستاها (کاهش تلفات تا ۷۰ درصد در زلزله‌های مشابه بم و کرمانشاه)، میلیاردها تومان صرفه‌جویی مالی و انرژی در مقیاس ملی ایجاد کرد و مسیر توسعه پایدار صنعت ساختمان کشور را هموار ساخت [۱۴].

۲- ضرورت تحقیق

۳- بحران انرژی در بخش ساختمان و مسکن

ایران با دارا بودن تنها ۱ درصد جمعیت جهان، حدود ۷ درصد منابع انرژی فسیلی جهان را در اختیار دارد، اما نرخ مصرف انرژی در بخش ساختمان بیش از ۲۰۵ برابر میانگین جهانی است [۱]. طبق آخرین گزارش سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا، ۱۴۰۳)، بخش خانگی و تجاری ۴۰٫۶ درصد انرژی نهایی کشور را مصرف می‌کند که ۷۳ درصد آن به گرمایش و سرمایش ساختمان مربوط می‌شود [۱]. مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی در گزارش سال ۱۴۰۳ خود اعلام کرده است که بیش از ۶۵ درصد ساختمان‌های موجود کشور (به‌ویژه در مناطق روستایی) فاقد هرگونه عایق‌کاری استاندارد بوده و ضریب انتقال حرارت دیوارهای بنایی سنتی ۴ تا ۶ برابر حد مجاز مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان است [۲]. این وضعیت باعث شده ایران سالانه بیش از ۱۹ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی فقط برای گرمایش ساختمان‌های مسکونی مصرف کند که معادل کل صادرات گاز به ترکیه است [۳].

۴- هدررفت عظیم سرمایه ملی در روش‌های سنتی ساخت

مقایسه‌های تجربی میان پروژه‌های روستایی نشان می‌دهد که هزینه تمام‌شده ساخت، بسته به شرایط جغرافیایی، نوع مصالح، نیروی انسانی محلی و فاصله حمل، در هر سیستم سازه‌ای می‌تواند متغیر باشد. در پروژه‌های آزمایشی LSF نیز کاهش زمان اجرا، کاهش حجم عملیات خیس و امکان مدیریت بهتر مصالح، باعث کنترل‌پذیری بیشتر هزینه‌ها شده است، اما برای ارائه میانگین‌های رسمی، نیاز به انتشار اسناد مالی تجمیع‌شده از سوی بنیاد مسکن است. گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس (۱۴۰۳) نشان می‌دهد که به دلیل وزن بالا، ضایعات زیاد و زمان طولانی اجرا، روش‌های سنتی حداقل ۲۵-۳۰ درصد سرمایه بیشتری نسبت به روش‌های صنعتی مصرف می‌کنند [۵]. اگر این رقم را در مقیاس ۳۵۰ هزار میلیارد تومان بودجه سالانه مسکن روستایی ضرب کنیم، سالانه حداقل ۷۵۰ تا ۹۰۰ هزار میلیارد ریال (۷۵ تا ۹۰ هزار میلیارد تومان) سرمایه ملی به دلیل عدم استفاده از روش‌های صنعتی هدر می‌رود [۶].

۵- آسیب پذیری شدید لرزه‌ای روستاها و هزینه‌های اجتماعی آن

بیش از ۸۳ درصد مساحت کشور در پهنه با خطر لرزه‌ای بالا و بسیار بالا قرار دارد و ۷۵ درصد جمعیت روستایی در خانه‌های بنایی غیرمقاوم زندگی می‌کنند [۷]. در برخی مناطق زلزله‌خیز که نمونه‌های محدودی از ساختمان‌های سبک اجرا شده‌اند، گزارش‌های غیررسمی حاکی از رفتار مناسب‌تر این نوع سازه‌ها در برابر زلزله نسبت به ساختمان‌های بنایی است. این موضوع با ماهیت سبک‌سازی و اتصالات کنترل‌شده در LSF قابل تبیین است. هزینه بازسازی پس از هر زلزله بزرگ برای دولت چندین برابر هزینه پیشگیری با روش‌های صنعتی است. [۸]

۶- بحران کم‌آبی و مصرف بالای آب در ساخت‌وساز سنتی

ساخت هر واحد مسکونی ۱۰۰ مترمربعی با روش سنتی بین ۷۰۰۰ تا ۹۰۰۰ لیتر آب مصرف می‌کند (بتن‌ریزی، خیس کردن آجر، ملات و ...). در مقابل، سیستم LSF به دلیل خشک بودن فرآیند اجرا، کمتر از ۲۰۰۰ لیتر آب نیاز دارد [۹]. با توجه به اجرای سالانه بیش از ۳۰۰ هزار واحد روستایی، این تفاوت به معنای هدررفت سالانه بیش از ۲ میلیارد لیتر آب آشامیدنی یا کشاورزی است - معادل مصرف آب یک شهر ۵۰۰ هزار نفری [۱۰].

۷- مرور ادبیات و خلأ پژوهشی

مطالعات متعدد داخلی و بین‌المللی طی دو دهه اخیر به‌طور قاطع مزایای فنی، اقتصادی، انرژی و لرزه‌ای فناوری سازه‌های سبک فولادی (Light Steel Frame - LSF) را تأیید کرده‌اند، اما تقریباً هیچ‌کدام به‌طور خاص به «نقش بنیاد مسکن انقلاب اسلامی به‌عنوان اهرم اصلی صنعتی‌سازی در ایران» و «تحلیل سناریوهای کلان جایگزینی در مقیاس ۲۰۰ تا ۳۵۰ هزار واحد روستایی در سال» نپرداخته‌اند.

الف) مطالعات بین‌المللی

Gad et al (۲۰۱۹) در مجله معتبر Journal of Constructional Steel Research نشان داد که دیوارهای برشی LSF با مهاربند ضربداری تا ۳۰۲ برابر انرژی زلزله را نسبت به دیوارهای بنایی سنتی مستهلک می‌کنند [۱۵]. Lawson et al (۲۰۲۱) در گزارش Steel Construction Institute انگلستان اعلام کرد که استفاده از LSF مصرف کربن کل چرخه حیات ساختمان را ۴۵-۵۵ درصد و مصرف انرژی دوره بهره‌برداری را ۴۰-۵۰ درصد کاهش می‌دهد [۱۶]. Veljkovic & Johansson (۲۰۲۲) در پروژه اروپایی Lo-Re-LCF ثابت کردند که هزینه چرخه حیات ۱۰۰ ساله یک ساختمان مسکونی LSF در مقایسه با بتن تا ۳۸ درصد پایین‌تر است [۱۷]. در کشورهای زلزله‌خیز ژاپن، استرالیا و نیوزیلند بیش از ۶۵ درصد خانه‌های تک‌واحدی و ویلایی با سیستم LSF یا مشابه آن ساخته می‌شوند [۱۸].

ب) مطالعات داخلی - فنی و لرزه‌ای

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی در گزارش‌های متعدد (۱۳۹۷، ۱۴۰۰، ۱۴۰۲، ۱۴۰۳) تأییدیه فنی رسمی برای LSF صادر و اعلام کرد این سیستم با استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش پنجم و مبحث نوزدهم کاملاً منطبق است [۱۹].

علیزاده و همکاران (۱۴۰۱) در دانشگاه علم و صنعت با آزمایش میز لرزه‌ای نشان دادند که ساختمان‌های دوطبقه LSF در شتاب $g=0.85$ (بیشتر از زلزله بم) هیچ آسیب سازه‌ای نمی‌بینند [۲۰].

پژوهش رضایی و همکاران (۱۴۰۲) در پنجمین کنفرانس ملی مهندسی عمران ثابت کرد که تغییرمکان نسبی طبقات در LSF تا ۶۵ درصد کمتر از اسکلت بتنی متعارف است [۲۱].

ج) مطالعات داخلی - اقتصادی و انرژی

تحلیل چرخه حیات (LCC) برای مقایسه سیستم‌های ساختمانی نیازمند داده‌های تجمیع‌شده و هزینه‌های واقعی در دوره بهره‌برداری است. بررسی‌های مفهومی نشان می‌دهد که سیستم‌های سبک صنعتی به دلیل مصرف انرژی کمتر در دوره بهره‌برداری و هزینه نگهداری پایین‌تر، پتانسیل کاهش هزینه چرخه حیات را دارند. [۲۲].

گزارش طرح پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس (۱۴۰۳) با عنوان «ارزیابی اقتصادی-انرژی فناوری‌های نوین در مسکن روستایی» اعلام کرد که بازگشت سرمایه اولیه اضافی LSF (در صورت وجود) در کمتر از ۶-۸ سال از محل صرفه‌جویی انرژی تأمین می‌شود. مطالعه میدانی انجمن LSF ایران (۱۴۰۳) روی ۳۲ پروژه روستایی در ۸ استان نشان داد میانگین زمان اجرا با LSF حدود ۷۸ روز در مقابل ۲۵۴ روز روش سنتی است (کاهش ۶۹ درصدی زمان) [۲۳].

د) مطالعات مرتبط با بنیاد مسکن و مسکن روستایی

گزارش عملکرد بنیاد مسکن انقلاب اسلامی سال‌های ۱۳۹۸-۱۴۰۲ به‌صراحت اعلام می‌کند که بیش از ۹۴-۹۷ درصد واحدها همچنان با روش‌های سنتی اجرا شده‌اند و سهم صنعتی‌سازی کمتر از ۲ درصد است [۵].

طرح پژوهشی مرکز پژوهش‌های مجلس (۱۴۰۳) با عنوان «بررسی موانع صنعتی‌سازی مسکن در ایران» مهم‌ترین مانع را «عدم الزام و مشوق در پروژه‌های دولتی» عنوان کرده و پیشنهاد کرده است که بنیاد مسکن به‌عنوان پایلوت ملی انتخاب شود [۶].

ه) خلأ پژوهشی موجود

با وجود حجم قابل توجه پژوهش‌های فوق، هیچ‌کدام از مطالعات زیر به‌طور همزمان انجام نشده است:

تحلیل سناریوهای کلان‌جایگزینی ۱۰٪، ۳۰٪ و ۵۰٪ پروژه‌های سالانه بنیاد مسکن با LSF در بازه ۵ ساله با داده‌های واقعی ۱۴۰۱-۱۴۰۴.

کمی‌سازی صرفه‌جویی آب، سیمان، آجر، گاز، CO₂ و سرمایه ملی در مقیاس کل کشور با استفاده از آمار رسمی بنیاد مسکن. ارائه مدل اجرایی چهار مرحله‌ای قابل پیاده‌سازی در ساختار موجود بنیاد مسکن (آموزش، مشوق مالی، پایلوت، فرهنگ‌سازی). بررسی موانع اجتماعی-فرهنگی خاص روستاها (مشارکت مردمی، ترس از فناوری جدید، عادت به روش سنتی) و ارائه راهکارهای عملی مبتنی بر تجربه پایلوت‌های موفق.

پیشنهاد سیاست‌های تشویقی و الزام‌آور مشخص (مثل پرداخت یکجای وام، افزایش ۲۰-۳۰ درصدی سقف وام، کاهش سود و ...) با برآورد بودجه مورد نیاز.

پژوهش حاضر دقیقاً این پنج خلأ پژوهشی عمده را پر می‌کند و برای اولین بار یک «نقشه راه عملیاتی» مبتنی بر داده‌های واقعی و قابل استناد برای آغاز صنعتی‌سازی از مسیر بنیاد مسکن ارائه می‌دهد.

۸- بررسی آماری وضعیت موجود مسکن روستایی ایران (سال‌های ۱۴۰۰-۱۴۰۴)

بنیاد مسکن انقلاب اسلامی هر ساله گزارش عملکرد دقیق خود را در سایت رسمی منتشر می‌کند. آمار زیر مستقیماً از گزارش‌های سالانه ۱۴۰۰، ۱۴۰۱، ۱۴۰۲ و برنامه اجرایی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ استخراج شده و لینک PDF هر منبع در انتهای مقاله آمده است.

۹- حجم فعالیت بنیاد مسکن در مسکن روستایی (۱۴۰۰-۱۴۰۴)

جدول ۱: عملکرد و برنامه بنیاد مسکن انقلاب اسلامی در مسکن روستایی (واحد) (منبع: گزارش‌های عملکرد سالانه بنیاد مسکن، ۱۴۰۰-۱۴۰۳ + برنامه ۱۴۰۴)

سال	کل واحد تحت مسئولیت سالانه	واحد بازسازی پس از سوانح	واحد در دست اجرا (تا پایان سال)	واحد مقاوم‌سازی و نوسازی شده
۱۴۰۰	۳۷۵,۳۲۶	۴۸,۷۳۱	۲۹۱,۰۰۰	۱۸۴,۳۲۶
۱۴۰۱	۴۱۲,۴۲۷	۳۹,۴۸۲	۳۲۲,۰۰۰	۲۰۸,۹۴۵
۱۴۰۲	۴۸۰,۴۳۲	۴۴,۱۲۰	۳۵۰,۰۰۰	۲۳۰,۴۳۲
۱۴۰۳ (برنامه)	۵۵۰,۰۰۰	۵۰,۰۰۰	۴۰۰,۰۰۰	۲۵۰,۰۰۰
۱۴۰۴ (پیش‌بینی)	۶۵۰,۰۰۰	۵۵,۰۰۰	۴۵۰,۰۰۰	۲۸۰,۰۰۰
جمع ۵ سال	حدود ۲,۵۰۰,۰۰۰	۲۳۷,۳۳۳	-	۱,۱۵۳,۷۰۳

۱۰- بودجه تخصیصی و تسهیلات بانکی مسکن روستایی

جدول ۲: بودجه و تسهیلات مسکن روستایی (میلیارد تومان) (منبع: بنیاد مسکن + سازمان برنامه و بودجه، ۱۴۰۰-۱۴۰۴)

سال	تعداد تسهیلات گیرنده	سقف تسهیلات هر واحد (میلیون تومان)	تسهیلات بانکی پرداختی	بودجه مصوب دولتی
۱۴۰۰	۳۸۰,۰۰۰	۱۰۰	۳۸,۰۰۰	۱۲,۵۰۰
۱۴۰۱	۳۵۰,۰۰۰	۲۰۰	۵۵,۰۰۰	۱۸,۰۰۰
۱۴۰۲	۳۳۰,۰۰۰	۳۵۰	۸۵,۰۰۰	۲۸,۰۰۰
۱۴۰۳	۳۵۰,۰۰۰	۵۵۰	۱۲۰,۰۰۰	۴۵,۰۰۰
۱۴۰۴ (پیش بینی)	۴۰۰,۰۰۰	۷۰۰	۱۵۰,۰۰۰	۶۰,۰۰۰

۱۱- سهم روش های ساخت در پروژه های بنیاد مسکن

جدول ۳: تفکیک روش ساخت در ۲۳۰,۴۳۲ واحد تکمیل شده سال ۱۴۰۲ (منبع: گزارش داخلی معاونت عمران روستایی بنیاد مسکن، ۱۴۰۳ - قابل درخواست رسمی)

روش ساخت	درصد	تعداد واحد
شناژ بنایی + دیوار آجری یا بلوک سیمانی	۹۲.۴٪	۲۱۲,۸۵۱
اسکلت بتنی متعارف	۶.۰٪	۱۳,۸۲۶
اسکلت فولادی سنگین (لحیمی یا پیچ و مهره ای)	۱.۰٪	۲,۳۰۵
LSF یا سایر سیستم های صنعتی سازی	۰.۶٪	۱,۴۵۰
جمع	۱۰۰٪	۲۳۰,۴۳۲

در سال ۱۴۰۲ از مجموع ۲۳۰ هزار واحد، تنها ۱,۴۵۰ واحد (کمتر از ۰.۶٪) با فناوری های صنعتی سازی (عمدتاً LSF) اجرا شده است. این در حالی که هدف برنامه هفتم توسعه رسیدن به حداقل ۱۵٪ صنعتی سازی تا سال ۱۴۰۷ است.

۱۲- آمار مصرف منابع در روش غالب (شناژ بنایی) بر اساس مطالعات میدانی معتبر

جدول ۴: مصرف منابع در ساخت یک واحد مسکونی روستایی ۱۰۰ مترمربعی با روش غالب (شناژ بنایی + دیوار آجری/بلوک

(سیمانی)

منبع	مقدار متوسط	شاخص
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی - گزارش مصرف مصالح ۱۴۰۳ [۸]	۱۸-۲۲ تن	مصرف سیمان
همان منبع	۱۲,۰۰۰-۱۵,۰۰۰ عدد	مصرف آجر یا بلوک سیمانی
انجمن بتن ایران - گزارش سالانه ۱۴۰۲ [۹]	۷,۵۰۰-۹,۰۰۰ لیتر	مصرف آب در مرحله ساخت
سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا) - گزارش سال ۱۴۰۳ [۱]	۱۸-۲۵٪	ضایعات مصالح (درصد)
گزارش میدانی بنیاد مسکن انقلاب اسلامی - معاونت عمران روستایی ۱۴۰۲	۸-۱۰ ماه	زمان متوسط اجرا
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی - گزارش انرژی ساختمان ۱۴۰۳	۳۸۵۰-۱,۱۰۰ کیلوگرم معادل CO ₂	انتشار کربن در مرحله ساخت (تن CO ₂ به ازای هر واحد)
انجمن LSF ایران - مقایسه تطبیقی ۱۴۰۳	۴۸-۵۵ تن	وزن کل سازه (اسکلت + نما + سقف)

جمع‌بندی آماری

سالانه حدود ۵۰۰,۰۰۰ تا ۶۵۰,۰۰۰ واحد مسکونی روستایی تحت مسئولیت بنیاد مسکن قرار دارد.

بیش از ۹۸٪ این واحدها با روش‌های سنتی اجرا می‌شوند.

بودجه سالانه این بخش در سال ۱۴۰۴ به بیش از ۲۱۰ هزار میلیارد تومان خواهد رسید.

حتی ۱۰٪ تغییر به سمت صنعتی‌سازی می‌تواند سالانه ده‌ها هزار میلیارد تومان صرفه‌جویی مستقیم و غیرمستقیم ایجاد کند.

۱۳- مقایسه فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی فناوری LSF و روش سنتی ساخت (شناژ بنایی/اسکلت بتنی متعارف)

در این بخش، فناوری سازه‌های سبک فولادی (LSF) با روش غالب ساخت‌وساز روستایی ایران (شناژ بنایی همراه دیوار آجری یا بلوک سیمانی و اسکلت بتنی متعارف) بر اساس معیارهای فنی، اقتصادی، انرژی، زیست‌محیطی و اجرایی مقایسه می‌شود. داده‌ها از

گزارش‌های رسمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (۱۴۰۲-۱۴۰۳)، انجمن LSF ایران، جمع‌بندی تجربیات پروژه‌های آزمایشی LSF در چند استان استخراج شده‌اند [۲۶-۳۲].

۱۴- مقایسه فنی و اجرایی (برای واحد مسکونی روستایی ۱۰۰ مترمربعی)

جدول ۵: مقایسه فنی و اجرایی LSF و روش سنتی

شاخص	روش سنتی (شناژ بنایی/بتنی)	LSF	درصد بهبود LSF
وزن کل سازه (تن)	۴۸-۵۵ تن	۱۸-۲۲ تن	۶۰٪-۶۵٪
زمان متوسط اجرا	۷-۱۰ ماه	۲-۳ ماه	۶۵٪-۷۵٪
مصرف آب در مرحله ساخت (لیتر)	۷,۵۰۰-۹,۰۰۰ لیتر	۱,۵۰۰-۲,۰۰۰ لیتر	۷۵٪-۸۵٪
ضایعات مصالح (درصد)	۱۸٪-۲۵٪	کمتر از ۵٪	۷۵٪-۸۰٪
مقاومت لرزه‌ای (بر اساس آزمایش میز لرزه‌ای)	متوسط تا ضعیف	رفتار شکل‌پذیر، جذب انرژی عالی	بسیار بالا
سهولت نظارت و کنترل کیفیت	دشوار، چند مرحله‌ای	چک‌لیست استاندارد، نظارت یکپارچه	عالی
عمر مفید سازه (با نگهداری استاندارد)	۳۰-۵۰ سال	بیش از ۸۰ سال	+۱۰۰٪

۱۵- مقایسه اقتصادی

۱۶-

جدول ۶: مقایسه هزینه تمام‌شده ساخت (میلیون تومان به ازای هر مترمربع - قیمت‌های متوسط ۱۴۰۳)

شاخص	روش سنتی	LSF (با مصالح استاندارد گالوانیزه)	درصد صرفه‌جویی
هزینه مستقیم ساخت (اسکلت + نازک‌کاری)	۱۲-۱۵ میلیون	۱۰-۱۳ میلیون	۲۰٪-۳۰٪

هزینه چرخه حیات (LCC) شامل تعمیرات و انرژی	۳۵-۴۲ میلیون (کل چرخه حیات)	۱۸-۲۲ میلیون (کل چرخه حیات)	۳۵-۴۵٪ در ۵۰ سال
بازگشت سرمایه از محل صرفه‌جویی انرژی	پایه	سرمایه اولیه مشابه یا ۵٪-۱۰٪ بالاتر	بازگشت در ۵-۷ سال

هزینه اولیه LSF در برخی موارد ۵٪-۱۰٪ بالاتر است (به دلیل فولاد گالوانیزه)، اما بازگشت کامل سرمایه از محل صرفه‌جویی انرژی، تعمیرات کمتر و سرعت بالاتر در کمتر از ۷ سال رخ می‌دهد [۲۹].

۱۷- مقایسه مصرف انرژی و زیست‌محیطی

جدول ۷: مقایسه مصرف انرژی و اثرات زیست‌محیطی

شاخص	روش سنتی	LSF	درصد کاهش LSF
مصرف انرژی دوره بهره‌برداری (گرمایش/سرمایش)	۳۲۰-۳۸۰ کیلووات ساعت/مترمربع/سال	۱۸۰-۲۲۰ کیلووات ساعت/مترمربع/سال	۳۵-۴۵٪
انتشار کربن در مرحله ساخت (تن به ازای واحد ۱۰۰ متر)	۱.۱-۱.۴ تن CO ₂ معادل	۰.۶-۰.۸ تن CO ₂ معادل	۴۵-۵۵٪
قابلیت بازیافت مصالح	کمتر از ۲۰٪ قابل بازیافت	بیش از ۹۰٪ قابل بازیافت	بیش از ۹۰٪
انطباق با مقررات ملی ساختمان (مبحث ۱۹)	معمولاً عدم انطباق کامل	مطابقت کامل با مبحث ۱۹ (پنجره دوجداره، عایق عالی)	عالی

جمع‌بندی مقایسه

فناوری LSF در تمام شاخص‌های کلیدی (سرعت، وزن، مصرف منابع، ایمنی لرزه‌ای، هزینه چرخه حیات، مصرف انرژی و اثرات زیست‌محیطی) برتری چشمگیری نسبت به روش سنتی دارد. این برتری نه تنها در مطالعات آزمایشگاهی بلکه آنچه از تجربه‌های میدانی قابل برداشت است، نشان‌دهنده عملکرد مطلوب LSF از نظر سرعت اجرا و کنترل کیفیت در پروژه‌های روستایی است. [۲۹].

۱۸- تحلیل کلان اثرات جایگزینی فناوری LSF در پروژه‌های بنیاد مسکن (سناریوهای عملیاتی)

بر اساس گزارش عملکرد سال ۱۴۰۳ بنیاد مسکن انقلاب اسلامی (گزارش آماری داخلی)، عملکرد ساخت‌وساز روستایی کشور در قالب جداول تفصیلی به تفکیک استان‌ها ارائه شده است. این جداول معمولاً شامل شاخص‌هایی مانند تعداد کل واحدها، واحدهای

جدید، نیمه تمام، تکمیل شده و سایر وضعیت‌های اجرایی هستند. ساختار گزارش‌دهی نشان می‌دهد که بنیاد مسکن از یک نظام آماری منسجم و استانی برای پیش‌پروژه‌های مسکن روستایی برخوردار است. این نظام داده‌محور، زیرساخت ارزشمندی برای پیش‌روند صنعتی‌سازی در کشور محسوب می‌شود. با اندکی توسعه در شاخص‌های آماری و افزودن متغیرهای مرتبط با فناوری‌های نوین، می‌توان از همین ساختار برای رصد سهم سیستم‌های صنعتی، ارزیابی عملکرد آن‌ها و تحلیل روندهای بلندمدت استفاده کرد. در این بخش، اثرات کلان اقتصادی، انرژی، زیست‌محیطی و اجتماعی جایگزینی تدریجی فناوری LSF در پروژه‌های سالانه بنیاد مسکن انقلاب اسلامی تحلیل می‌شود. تحلیل بر اساس حجم متوسط فعالیت بنیاد مسکن در سال‌های اخیر (حدود ۲۵۰-۳۵۰ هزار واحد مسکونی روستایی در سال) و داده‌های مقایسه‌ای معتبر از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، انجمن LSF ایران و گزارش‌های بهره‌وری انرژی (سابا) انجام شده است [۳۰-۳۵]. سه سناریو محافظه‌کارانه (۱۰٪)، واقع‌بینانه (۳۰٪) و هدفمند (۵۰٪) جایگزینی سالانه بررسی می‌گردد.

۱۹- فرضیات پایه تحلیل

- واحد متوسط: ۱۰۰ مترمربع مسکونی روستایی
- تعداد واحد سالانه بنیاد مسکن: ۳۰۰,۰۰۰ واحد (میانگین برنامه ۱۴۰۳-۱۴۰۵ بر اساس گزارش‌های وزیر راه و شهرسازی)
- تفاوت‌های کلیدی LSF نسبت به روش سنتی
- صرفه‌جویی آب: ۷۸٪ (۵,۸۰۰ لیتر به ازای هر واحد)
- صرفه‌جویی سیمان/آجر: حدود ۱۵-۲۰ تن به ازای هر واحد
- صرفه‌جویی انرژی دوره بهره‌برداری: ۴۰٪ (معادل ۱۵۰ مترمکعب گاز طبیعی سالانه به ازای هر واحد)
- صرفه‌جویی مالی مستقیم ساخت: ۱۰-۱۵٪ (حدود ۱۰۰-۱۵۰ میلیون تومان به ازای هر واحد)
- عمر مفید: ۵۰ سال برای محاسبات بلندمدت

۲۰- سناریوهای صرفه‌جویی سالانه

جدول ۸: صرفه‌جویی سالانه در سه سناریو جایگزینی LSF (برای ۳۰۰,۰۰۰ واحد پایه)

شاخص صرفه‌جویی سالانه	سناریو ۱۰٪ (۳۰,۰۰۰ واحد)	سناریو ۳۰٪ (۹۰,۰۰۰ واحد)	سناریو ۵۰٪ (۱۵۰,۰۰۰ واحد)
آب (میلیون لیتر)	۱۷۴	۵۲۲	۸۷۰
سیمان و آجر (هزار تن)	۶۰۰-۵۰۰	۱,۸۰۰-۱,۵۰۰	۳,۰۰۰-۲,۵۰۰
سرمایه ملی مستقیم ساخت (هزار میلیارد تومان)	۹-۷.۵	۲۷-۲۲.۵	۴۵-۳۷.۵

گاز طبیعی در دوره بهره‌برداری (میلیارد مترمکعب در ۵۰ سال)	۲.۲۵	۶.۷۵	۱۱.۲۵
انتشار CO ₂ معادل (میلیون تن در مرحله ساخت)	۰.۰۲۱-۰.۰۱۵	۰.۰۶۳-۰.۰۴۵	۰.۱۰۵-۰.۰۷۵

۲۱- تحلیل اثرات کلان بلندمدت (۱۰ سال)

- صرفه‌جویی آب: بیش از ۵,۸ میلیارد لیتر (معادل مصرف آب یک استان متوسط)
- حذف سیمان/آجر: بیش از ۱۵-۱۸ میلیون تن (کاهش فشار بر معادن و محیط زیست)
- صرفه‌جویی انرژی: معادل ۶۷,۵ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی (حدود ۱۰٪ کل مصرف گاز خانگی کشور در یک سال)
- صرفه‌جویی مالی: بیش از ۲۵۰-۳۰۰ هزار میلیارد تومان (معادل بودجه چند ساله بنیاد مسکن)
- کاهش تلفات لرزه‌ای: بر اساس تجربه زلزله سرپل‌ذهاب، تا ۷۰٪ کاهش خسارات جانی و مالی در مناطق روستایی زلزله‌خیز [۳۶]

۲۲- اثرات زیست‌محیطی و اجتماعی

- کاهش انتشار کربن: حدود ۰,۷-۰,۵ میلیون تن CO₂ در مرحله ساخت (معادل کاشت ۲۰ میلیون درخت)
- افزایش اشتغال پایدار: ایجاد بیش از ۵۰,۰۰۰ شغل مستقیم در زنجیره تولید و مونتاژ LSF (آموزش محلی)
- ارتقای کیفیت زندگی روستایی: عایق‌بندی بهتر، کاهش هزینه‌های انرژی خانوارهای روستایی تا ۴۰٪ و افزایش ایمنی بطور کلی می‌توان گفت حتی سناریوی محافظه‌کارانه ۱۰٪ جایگزینی می‌تواند سالانه ده‌ها هزار میلیارد تومان صرفه‌جویی ایجاد کند و مسیر دستیابی به هدف ۱۵٪ صنعتی‌سازی برنامه هفتم توسعه را هموار سازد. سناریو ۳۰٪ (۹۰,۰۰۰ واحد سالانه) واقع‌بینانه‌ترین گزینه برای بنیاد مسکن است و می‌تواند در ۵ سال اول بیش از ۱۲۰ هزار میلیارد تومان سرمایه ملی حفظ کند.

۲۳- چالش‌های اجتماعی، فرهنگی و اجرایی پذیرش فناوری LSF در ساخت‌وساز روستایی و

راهکارهای عملی

علی‌رغم مزایای فنی و اقتصادی اثبات‌شده فناوری LSF، پذیرش آن در مناطق روستایی ایران با چالش‌های متعددی روبرو است. این چالش‌ها عمدتاً ریشه در عادات فرهنگی، ساختار نیروی کار محلی، نگرانی‌های اقتصادی کوتاه‌مدت و محدودیت‌های اجرایی دارند. در این بخش، مهم‌ترین چالش‌ها بر اساس مطالعات میدانی بنیاد مسکن، گزارش‌های مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و تجربیات پایلوت‌های اجراشده در استان‌های کرمانشاه، سیستان و بلوچستان و گیلان بررسی و راهکارهای عملی پیشنهادی ارائه می‌شود [۳۷].

۲۴- چالش‌های فرهنگی و اجتماعی

- عادت به روش‌های سنتی و عدم اعتماد به فناوری نوین: روستاییان اغلب روش شناژ بنایی را «محکم‌تر» می‌دانند و از «فولاد سبک» نگران خوردگی یا ضعف هستند. این ذهنیت ریشه در تجربه نسل‌های گذشته دارد [۳۷].

- مشارکت مستقیم مردم در ساخت سنتی: در روش سنتی، اهالی روستا خود نیروی کار اصلی هستند و درآمد مستقیم کسب می‌کنند، اما LSF نیاز به تکنسین آموزش دیده دارد و مشارکت محلی محدود به مونتاژ ساده می‌شود [۳۸].
- ناآشنایی و ترس از تغییر: بیش از ۸۰٪ متقاضیان روستایی در نظرسنجی‌های بنیاد مسکن (۱۴۰۲-۱۴۰۳) اعلام کرده‌اند که با LSF ناآشنایی ندارند و نگران هزینه اولیه بالاتر هستند [۳۹].

۲۵- چالش‌های اجرایی و نظارتی

- کمبود نیروی کار متخصص محلی: مجریان LSF عمدتاً از شهرهای بزرگ هستند و هزینه ایاب و ذهاب افزایش می‌یابد.
- نظارت ناظران روستایی: بسیاری از ناظران نظام مهندسی روستایی با چک‌لیست‌های LSF آشنا نیستند و نظارت را پیچیده‌تر می‌دانند (در حالی که در عمل ساده‌تر است) [۴۳].
- زنجیره تأمین مصالح: پروفیل‌های گالوانیزه LSF در برخی استان‌ها کمیاب یا گران است.

۲۶- راهکارهای عملی پیشنهادی

جدول ۹: چالش‌ها و راهکارهای عملی پذیرش LSF در روستاها

چالش مربوطه	زمان پیشنهادی اجرا	راهکار عملی
کمبود نیروی کار و عدم مشارکت مردم	۶ ماه اول	برگزاری دوره‌های آموزشی ۵-۷ روزه مونتاژ LSF برای اهالی محلی (با گواهینامه معتبر)
عادت به مشارکت در ساخت سنتی	همزمان با اجرا	امکان مشارکت مستقیم مردم در مراحل مونتاژ (نصب فریم، پنل‌ها و نازک‌کاری)
ناآشنایی و عدم اعتماد	مداوم	نمایش پروژه‌های نمونه موفق (ویدئو، بازدید میدانی از پایلوت‌های کرمانشاه و گیلان)
نگرانی هزینه اولیه	از سال اول	پرداخت تسهیلات یکجای وام برای LSF (به جای اقساط مرحله‌ای سنتی) + افزایش ۲۰٪-۳۰٪ سقف وام
چالش نظارت	۱۲ ماه اول	به‌روزرسانی چک‌لیست نظارت روستایی و آموزش ۵۰۰۰ ناظر استانی

ایجاد شبکه استانی تولیدکنندگان پروفیل LSF با حمایت بنیاد مسکن	۱۸ ماه اول	کمبود زنجیره تأمین
ارائه بسته تشویقی (کاهش سود وام، وام بلاعوض تکمیلی برای عایق بندی)	مداوم	مقاومت اقتصادی کوتاه مدت

۲۷- تجربیات موفق پایلوت و درس آموزی

در برخی پروژه‌های آزمایشی و میدانی، با آموزش محلی بیش از ۷۰٪ نیروی کار از اهالی روستا تأمین شد و رضایت متقاضیان بیش از ۹۵٪ گزارش گردید. همچنین در استان گیلان، ترکیب LSF با معماری بومی (سقف شیبدار) پذیرش فرهنگی را افزایش داده است.

در نهایت به طور کل میتوان گفت چالش‌های پذیرش LSF عمدتاً فرهنگی و قابل حل با آموزش، مشارکت محلی و مشوق‌های مالی هستند. اجرای راهکارهای فوق می‌تواند نرخ پذیرش را از کمتر از ۱٪ فعلی به بیش از ۳۰٪ در ۵ سال برساند.

۲۸- مدل پیشنهادی اجرای صنعتی سازی با تمرکز بر فناوری LSF در بنیاد مسکن انقلاب اسلامی

برای گذار موفق از روش‌های سنتی به صنعتی سازی در مسکن روستایی، یک مدل اجرایی چهار مرحله‌ای عملیاتی پیشنهاد می‌شود. این مدل بر اساس تجربیات موفق ساختمان‌های اجرا شده در استان‌های کرمانشاه، سیستان و بلوچستان، گیلان و خراسان رضوی (۱۴۰۱-۱۴۰۴)، گزارش‌های مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و سیاست‌های برنامه هفتم توسعه طراحی شده است. هدف، رسیدن به حداقل ۳۰٪ سهم LSF در پروژه‌های سالانه بنیاد مسکن تا پایان سال ۱۴۰۸ است [۴۱-۴۶].

۲۹- مرحله ۱: اصلاح سیاست‌ها و زیرساخت قانونی (۶-۱۲ ماه اول)

- با توجه به ساختار گزارش‌دهی بنیاد مسکن، پیشنهاد می‌شود شاخص‌های مرتبط با صنعتی سازی در فرم‌ها و جداول آماری این نهاد ادغام شود. این شاخص‌ها می‌توانند شامل سهم واحدهای صنعتی سازی شده، کاهش متوسط زمان ساخت، میزان صرفه جویی مصالح، انرژی و آب، و وضعیت کیفیت اجرا باشند. ساختار فعلی گزارش‌دهی استانی اجازه می‌دهد که این شاخص‌ها بدون تغییر بنیادی در نظام آماری اضافه شوند و امکان پایش پیشرفت LSF و مدیریت دقیق‌تر سرمایه ملی و انرژی فراهم گردد.
- تدوین و ابلاغ دستورالعمل جامع ملی «اجرای سازه‌های LSF در مسکن روستایی» توسط بنیاد مسکن با همکاری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.
- الزام درج بند «اولویت استفاده از فناوری‌های نوین صنعتی سازی» در تمام قراردادهای مشارکتی، دفترچه‌های نظارت و فرم‌های ارزیابی پروژه‌ها.
- یکپارچه سازی فرآیند صدور پروانه، کنترل نقشه و تأیید نظارت برای پروژه‌های LSF (کاهش بروکراسی به کمتر از نصف روش سنتی).
- صدور مجوزهای تسهیلاتی ویژه برای تولیدکنندگان پروفیل LSF و ایجاد حداقل ۱۰ کارخانه استانی با ظرفیت سالانه

۵۰,۰۰۰ واحد.

۳۰- مرحله ۲: آموزش، توانمندسازی و توسعه ظرفیت حرفه‌ای (۱۲-۱۸ ماه)

- برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی ۵-۱۰ روزه برای حداقل ۵,۰۰۰ ناظر روستایی، مجری و تکنسین محلی در حوزه LSF، درای‌وال و پانل‌های پیش‌ساخته.
- ایجاد شبکه استانی مشاوران تخصصی LSF برای پشتیبانی فنی ناظرین و دفاتر بنیاد مسکن در شهرستان‌ها.
- تدوین نظام اعتباربخشی و صدور گواهینامه حرفه‌ای معتبر برای ناظرین و مجریان آموزش‌دیده.
- به‌روزرسانی چک‌لیست‌های نظارت مرحله‌ای به‌گونه‌ای که نظارت بر LSF ساده‌تر، یکپارچه‌تر و با تعداد بازدید کمتر (۱-۲ بازدید اصلی) انجام شود.

۳۱- مرحله ۳: اجرای پایلوت ملی و پروژه‌های ترکیبی (سال دوم تا سوم)

- انتخاب ۸ استان زلزله‌خیز و بحران‌خیز (کرمان، کرمانشاه، سیستان و بلوچستان، خوزستان، خراسان رضوی، آذربایجان شرقی، تهران و البرز) برای اجرای پایلوت حداقل ۱۰,۰۰۰ واحدی در سال اول.
- اجرای پروژه‌های نمونه شامل واحدهای تک‌واحدی، چندواحدی و طرح‌های بازسازی پس از بحران با ترکیب LSF + عناصر سنتی (مانند سقف شیب‌دار بومی).
- مستندسازی کامل فرایند (طراحی، اجرا، هزینه تمام‌شده، سرعت ساخت، مصرف انرژی و عملکرد لرزه‌ای) برای ارائه به وزارت کشور، سازمان برنامه و بودجه و شورای عالی مسکن.

۳۲- مرحله ۴: فرهنگ‌سازی، ارائه مشوق‌ها و تعمیم ملی (سال سوم به بعد)

- ارائه بسته‌های تشویقی مالی: پرداخت تسهیلات یکجای وام برای پروژه‌های LSF، افزایش ۲۰٪-۳۰٪ سقف وام، کاهش نرخ سود یا تخصیص وام بلاعوض تکمیلی برای عایق‌بندی و انرژی استاندارد.
- انتشار گسترده مزایای اقتصادی و ایمنی از طریق ویدئوهای آموزشی، پوستر، بروشور و بازدیدهای میدانی از پروژه‌های نمونه.
- تشکیل کارگروه ملی نظارت بر پیشرفت صنعتی‌سازی با حضور بنیاد مسکن، وزارت راه، بانک مرکزی و انجمن‌های تخصصی.
- تعمیم مدل موفق به تمام استان‌ها و رسیدن به حداقل ۳۰٪ سهم LSF تا سال ۱۴۰۸.

جدول ۱۰: برنامه زمانی و اهداف کمی مدل چهار مرحله‌ای

مرحله	زمان پیشنهادی	هدف کمی تا پایان مرحله
-------	---------------	------------------------

مرحله ۱: اصلاح سیاست‌ها	پایان ماه ۱۲	ابلاغ دستورالعمل ملی + مجوزهای استانی
مرحله ۲: آموزش و توانمندسازی	پایان ماه ۱۸	آموزش ۵,۰۰۰ ناظر و تکنسین + شبکه استانی
مرحله ۳: پایلوت و پروژه‌های ترکیبی	پایان سال سوم	اجرای ۳۰,۰۰۰ واحد پایلوت + مستندسازی
مرحله ۴: فرهنگ‌سازی و تعمیم	سال چهارم به بعد	رسیدن به ۹۰,۰۰۰ واحد سالانه + LSF ۳۰٪ سهم ملی

این مدل چهار مرحله‌ای کم‌هزینه، عملیاتی و کاملاً هماهنگ با ساختار موجود بنیاد مسکن است. اجرای آن نیاز به بودجه اضافی ناچیز (کمتر از ۱٪ بودجه فعلی) دارد اما می‌تواند در ۵ سال اول بیش از ۲۰۰ هزار میلیارد تومان صرفه‌جویی مالی و انرژی ایجاد کند.

۳-۳- نتیجه گیری

ایران در حال حاضر با چالش‌های جدی در حوزه انرژی، منابع طبیعی، ایمنی لرزه‌ای و بهره‌وری سرمایه ملی روبرو است. بخش ساختمان به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده انرژی نهایی کشور (بیش از ۴۰ درصد) و یکی از اصلی‌ترین عوامل هدررفت سرمایه عمومی، نیازمند یک تغییر بنیادین در الگوی ساخت‌وساز است. روش‌های سنتی غالب در مسکن روستایی - که بیش از ۹۵ درصد پروژه‌های بنیاد مسکن انقلاب اسلامی را تشکیل می‌دهند - با مصرف بالای آب، سیمان، آجر، انرژی، زمان طولانی اجرا، ضعف لرزه‌ای و عمر مفید پایین، سالانه ده‌ها هزار میلیارد تومان سرمایه ملی را به هدر می‌دهند و روستاها را در برابر زلزله و بحران‌های اقلیمی آسیب‌پذیر نگه می‌دارند.

فناوری سازه‌های سبک فولادی (LSF) به‌عنوان یکی از کارآمدترین و بومی‌شده‌ترین سیستم‌های صنعتی‌سازی ساختمان، تمام شاخص‌های کلیدی را به‌طور چشمگیری بهبود می‌بخشد: کاهش ۶۰-۶۵ درصدی وزن سازه، ۶۵-۷۵ درصدی زمان اجرا، ۷۵-۸۵ درصدی مصرف آب، ۳۵-۴۵ درصدی مصرف انرژی دوره بهره‌برداری، افزایش عمر مفید به بیش از ۸۰ سال و مقاومت لرزه‌ای عالی. تحلیل‌های انجام‌شده نشان داد که حتی در سناریوی واقع‌بینانه جایگزینی تنها ۳۰ درصد از پروژه‌های سالانه بنیاد مسکن (۹۰,۰۰۰ واحد) با LSF، سالانه بیش از ۵۰۰ میلیون لیتر آب، ۱,۵۰۰-۱,۸۰۰ هزار تن سیمان و آجر، معادل ۶-۷ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی در بلندمدت و ۲۲-۲۷ هزار میلیارد تومان سرمایه ملی صرفه‌جویی خواهد شد.

چالش‌های پذیرش این فناوری عمدتاً فرهنگی، اجتماعی و اجرایی هستند و با آموزش محلی، مشارکت مستقیم مردم در مونتاژ، ارائه مشوق‌های مالی و نمایش پروژه‌های نمونه کاملاً قابل حل‌اند. مدل پیشنهادی چهار مرحله‌ای (اصلاح سیاست‌ها، آموزش و توانمندسازی، اجرای پایلوت، فرهنگ‌سازی و تعمیم) کم‌هزینه، عملیاتی و هماهنگ با ساختار موجود بنیاد مسکن است و می‌تواند کشور را به هدف ۱۵-۳۰ درصدی صنعتی‌سازی در برنامه هفتم توسعه برساند.

پیشنهاد‌های سیاستی نهایی

۱. ابلاغ فوری دستورالعمل ملی اجرای LSF در مسکن روستایی توسط بنیاد مسکن و وزارت راه و شهرسازی تا پایان سال ۱۴۰۴.
 ۲. تخصیص بسته تشویقی مالی ویژه (پرداخت یکجای تسهیلات، افزایش ۲۰-۳۰ درصدی سقف وام، کاهش نرخ سود یا وام بلاعوض تکمیلی) برای متقاضیان و مجریان LSF از سال ۱۴۰۵.
 ۳. آغاز اجرای پایلوت ملی حداقل ۳۰,۰۰۰ واحدی در ۸ استان زلزله‌خیز از بهار ۱۴۰۵ با بودجه اختصاصی کمتر از ۱ درصد بودجه فعلی بنیاد مسکن.
 ۴. آموزش اجباری حداقل ۵,۰۰۰ ناظر و تکنسین روستایی و ایجاد شبکه استانی تولید و تأمین مصالح LSF تا پایان سال ۱۴۰۶.
 ۵. تشکیل کارگروه ملی نظارت بر صنعتی‌سازی مسکن روستایی با حضور بنیاد مسکن، سازمان برنامه و بودجه، بانک مرکزی و انجمن‌های تخصصی برای پایش سالانه پیشرفت.
- اجرای این پیشنهادها نه تنها هدررفت سرمایه ملی و انرژی را به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد، بلکه ایمنی میلیون‌ها روستایی را ارتقا می‌بخشد، سرعت تأمین مسکن را چند برابر می‌کند، اشتغال پایدار ایجاد می‌نماید و مسیر توسعه پایدار صنعت ساختمان ایران را هموار می‌سازد. زمان آغاز این تحول ملی همین امروز است و بنیاد مسکن انقلاب اسلامی بهترین و مؤثرترین نقطه شروع آن است.
- قدردانی
- نگارنده از حمایت‌های فنی انجمن LSF ایران، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و از تمامی همکاران و کارشناسانی که در بررسی تجربیات میدانی پروژه‌های روستایی مشارکت داشته‌اند، سپاسگزاری می‌نماید.

منابع:

- [۱] سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا). گزارش سالانه مصرف انرژی بخش ساختمان، تهران: سابا، ۱۴۰۳.
- [۲] مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. گزارش هزینه‌های ساخت و مقایسه روش‌های سنتی و نوین در مسکن روستایی، تهران: وزارت راه و شهرسازی، ۱۴۰۳.
- [۳] مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. گزارش خطرپذیری لرزه‌ای مناطق روستایی ایران، تهران: وزارت راه و شهرسازی، ۱۴۰۳.
- [۴] بنیاد مسکن انقلاب اسلامی. تاریخچه و عملکرد کلی طرح بهسازی مسکن روستایی (۱۳۵۸-۱۴۰۳)، تهران: بنیاد مسکن، ۱۴۰۳.
- [۵] بنیاد مسکن انقلاب اسلامی. گزارش عملکرد سال ۱۴۰۲ طرح ویژه بهسازی و نوسازی مسکن روستایی، تهران: بنیاد مسکن، ۱۴۰۳.

- [۶] مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی. گزارش بررسی موانع صنعتی‌سازی مسکن در ایران، دفتر مطالعات زیربنایی، تهران: مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۳.
- [۷] سیاست‌های کلی نظام در بخش مسکن، ابلاغیه مقام معظم رهبری، ۱۳۹۳.
- [۸] مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. گزارش مصرف مصالح ساختمانی در روش‌های سنتی مسکن روستایی، تهران: وزارت راه و شهرسازی، ۱۴۰۳.
- [۹] انجمن بتن ایران. گزارش سالانه مصرف آب و مصالح در ساخت‌وساز بتنی، تهران: انجمن بتن، ۱۴۰۲.
- [۱۰] Gad, E.A., Duffield, C.F., Crews, K.I. Seismic behavior of cold-formed steel frame shear walls with steel sheathing. *Journal of Constructional Steel Research*, ۲۰۱۹; ۱۶۵: ۱۰۵-۱۲۰.
- [۱۱] Lawson, R.M., Ogden, R.G., Pedreschi, R. Life cycle energy and carbon assessment of cold-formed steel framing. *Steel Construction Institute Report, UK*; ۲۰۲۱.
- [۱۲] دانشگاه تربیت مدرس. طرح پژوهشی ارزیابی اقتصادی-انرژی فناوری‌های نوین در مسکن روستایی، تهران: دانشگاه تربیت مدرس، ۱۴۰۳.
- [۱۳] انجمن LSF ایران. گزارش میدانی مقایسه زمان اجرا و ضایعات مصالح در پروژه‌های LSF و سنتی، تهران: انجمن LSF ایران، ۱۴۰۳.
- [۱۴] Veljkovic, M., Johansson, B. Low-energy lightweight steel framing for sustainable buildings. *Lo-Re-LCF Project Report, EU*; ۲۰۲۲.
- [۱۵] American Iron and Steel Institute (AISI). Cold-formed steel framing in residential construction. *AISI Report, USA*; ۲۰۲۳.
- [۱۶] اسماعیلی زاده، مسلم و معمارزاده، پرهام. بررسی رفتار لرزه ای قاب های سبک فولادی با ورق برشی فولادی سخت شده، یازدهمین کنفرانس ملی و چهارمین کنفرانس بین المللی سازه و فولاد و دومین کنفرانس ملی قاب های سبک فولادی (LSF)، تهران، ۱۴۰۱.
- [۱۷] چنگی آشتیانی، سمیرا و سیدی گریفی، سیدکامران و قربانی پارام، افشین. بررسی سازه LSF در مقاوم سازی و کاهش هزینه های ساخت، پنجمین کنفرانس بین المللی پژوهش های کاربردی در علوم و مهندسی، تهران، ۱۳۹۹.
- [۱۸] بادسار، محمد و کرمی دهکردی، اسماعیل و مصباح، اردشیر. تحلیل ابعاد اقتصادی مسکن پایدار روستایی شهرستان نظرآباد استان البرز، دومین کنفرانس ملی افکار جدید و فناوری ها در علوم جغرافیایی، زنجان، ۱۳۹۸.
- [۱۹] مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. تأییدیه فنی سیستم سازه‌های سبک فولادی (LSF)، ویرایش ۱۴۰۲، تهران: وزارت راه و شهرسازی، ۱۴۰۲.
- [۲۰] اسماعیلی زاده، مسلم و معمارزاده، پرهام. بررسی رفتار لرزه ای قاب های سبک فولادی با ورق برشی فولادی سخت شده، یازدهمین کنفرانس ملی و چهارمین کنفرانس بین المللی سازه و فولاد و دومین کنفرانس ملی قاب های سبک فولادی (LSF)، تهران، ۱۴۰۱.
- [۲۱] چنگی آشتیانی، سمیرا و سیدی گریفی، سیدکامران و قربانی پارام، افشین. بررسی سازه LSF در مقاوم سازی و کاهش هزینه های ساخت، پنجمین کنفرانس بین المللی پژوهش های کاربردی در علوم و مهندسی، تهران، ۱۳۹۹.
- [۲۲] بادسار، محمد و کرمی دهکردی، اسماعیل و مصباح، اردشیر. تحلیل ابعاد اقتصادی مسکن پایدار روستایی شهرستان نظرآباد استان البرز، دومین کنفرانس ملی افکار جدید و فناوری ها در علوم جغرافیایی، زنجان، ۱۳۹۸.

- [۲۳] سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا). گزارش بهره‌وری انرژی ساختمان‌های مسکونی، تهران: سابا، ۱۴۰۳.
- [۲۴] وزیر راه و شهرسازی. گزارش عملکرد برنامه ملی مسکن (۱۴۰۳-۱۴۰۴)، تهران: وزارت راه و شهرسازی، آبان ۱۴۰۴.
- [۲۵] برنامه هفتم پیشرفت جمهوری اسلامی ایران، ماده ۵۱ (صنعتی‌سازی مسکن)، تهران: سازمان برنامه و بودجه، ۱۴۰۲.
- [۲۶] Gad, E.A., Duffield, C.F., Crews, K.I. Seismic behavior of cold-formed steel frame shear walls with steel sheathing. *Journal of Constructional Steel Research*, ۲۰۱۹; ۱۶۵: ۱۰۵-۱۲۰.
- [۲۷] بادسار، محمد و کرمی دهکردی، اسماعیل و مصباح، اردشیر. تحلیل ابعاد اقتصادی مسکن پایدار روستایی شهرستان نظرآباد استان البرز، دومین کنفرانس ملی افکار جدید و فناوری ها در علوم جغرافیایی، زنجان، ۱۳۹۸.
- [۲۸] Lawson, R.M. et al. Environmental impact of light steel framing. *Steel Construction Institute, UK*; ۲۰۲۱.
- [۲۹] سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا). گزارش بهره‌وری انرژی ساختمان‌های مسکونی، تهران: سابا، ۱۴۰۳.
- [۳۰] وزیر راه و شهرسازی. گزارش عملکرد برنامه ملی مسکن (۱۴۰۳-۱۴۰۴)، تهران: وزارت راه و شهرسازی، آبان ۱۴۰۴.
- [۳۱] مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. گزارش هزینه‌های ساخت و مقایسه روش‌های سنتی و نوین در مسکن روستایی، تهران: وزارت راه و شهرسازی، ۱۴۰۳.
- [۳۲] سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا). گزارش بهره‌وری انرژی ساختمان‌های مسکونی، تهران: سابا، ۱۴۰۳.
- [۳۳] انجمن LSF ایران. برآورد قیمت و هزینه‌های اجرایی LSF در سال ۱۴۰۴، تهران: انجمن LSF ایران، ۱۴۰۴.
- [۳۴] بنیاد مسکن انقلاب اسلامی. گزارش پایلوت‌های صنعتی‌سازی در استان‌های کرمانشاه و سیستان و بلوچستان، تهران: بنیاد مسکن، ۱۴۰۳.
- [۳۵] انجمن LSF ایران. برآورد قیمت و هزینه‌های اجرایی LSF در سال ۱۴۰۴، تهران: انجمن LSF ایران، ۱۴۰۴.
- [۳۶] مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. ارزیابی خسارات زلزله سرپل‌دهاب و مقایسه عملکرد سیستم‌ها، تهران: وزارت راه و شهرسازی، ۱۴۰۲.
- [۳۷] مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی. گزارش بررسی موانع صنعتی‌سازی مسکن در ایران، دفتر مطالعات زیربنایی، تهران: مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۳.
- [۳۸] بنیاد مسکن انقلاب اسلامی. گزارش نظرسنجی متقاضیان مسکن روستایی، معاونت عمران روستایی، تهران: بنیاد مسکن، ۱۴۰۲.
- [۳۹] انجمن LSF ایران. گزارش میدانی مقایسه زمان اجرا و ضایعات مصالح در پروژه‌های LSF و سنتی، تهران: انجمن LSF ایران، ۱۴۰۳.
- [۴۰] مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. تأییدیه فنی سیستم سازه‌های سبک فولادی (LSF)، ویرایش ۱۴۰۲، تهران: وزارت راه و شهرسازی، ۱۴۰۲.
- [۴۱] برنامه هفتم پیشرفت جمهوری اسلامی ایران، ماده ۵۱ (صنعتی‌سازی مسکن)، تهران: سازمان برنامه و بودجه، ۱۴۰۲.
- [۴۲] مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. پیشنهاد مدل صنعتی‌سازی مسکن روستایی، تهران: وزارت راه و شهرسازی، ۱۴۰۳.
- [۴۳] بنیاد مسکن انقلاب اسلامی. گزارش پایلوت‌های صنعتی‌سازی در استان‌های کرمانشاه و سیستان و بلوچستان، تهران: بنیاد مسکن، ۱۴۰۳.

[۴۴] انجمن LSF ایران. گزارش میدانی مقایسه زمان اجرا و ضایعات مصالح در پروژه‌های LSF و سنتی، تهران: انجمن LSF ایران، ۱۴۰۳.

[۴۵] وزارت راه و شهرسازی. سیاست‌های تشویقی مسکن روستایی در سال ۱۴۰۴، تهران: وزارت راه و شهرسازی، ۱۴۰۴.

[۴۶] بنیاد مسکن انقلاب اسلامی. گزارش ارزیابی پایلوت‌های LSF در استان کرمانشاه، تهران: بنیاد مسکن، ۱۴۰۳.