

IGS-O-MN-007(0)	اسفند 1401
Approved	مصوب



شرکت ملی گاز ایران
مدیریت پژوهش و فناوری
امور تدوین استانداردها

IGS

الزامات

سیستم دیجیتال سازی فیلم های رادیوگرافی (آنالوگ)
Radiographic film digitisation systems requirements (Analog)



تاریخ: ۱۴۰۲/۰۱/۱۶

شماره: گ/۰ دب/۰ ۱۳ - ۲۱۳۲۱



شرکت ملی گاز ایران



دفتر مدیرعامل

ابلاغ مصوبه هیأت مدیره

مدیر محترم پژوهش و فناوری

باسلام،

به استحضار می‌رساند در جلسه ۲۰۰۳ مورخ ۱۴۰۱/۱۲/۱۴ هیأت مدیره، نامه شماره گ/۹/۰۰۰/۲۱۱۰۰۲ مورخ ۱۴۰۱/۱۲/۱۳ مدیر پژوهش و فناوری در مورد تصویب نهایی مقررات فنی شرکت ملی گاز ایران به شرح زیر مطرح و مورد تصویب قرار گرفت.

۱- الزامات دیجیتال سازی فیلم های رادیوگرافی آنالوگ

IGS-O-MN-007(0)

۲- مشخصات فنی خرید نوار زرد اخطار

IGS-M-PL-034(2)

سید محمد پیشوایی
دبیر هیات مدیره

رونوشت: مدیرعامل محترم شرکت ملی گاز ایران و رئیس هیات مدیره

اعضای محترم هیات مدیره

مشاور و رئیس دفتر محترم مدیرعامل

رئیس محترم امور حقوقی

رئیس محترم حسابرسی داخلی

رئیس محترم امور مجامع



پیشگفتار

۱. این استاندارد/دستورالعمل به منظور استفاده اختصاصی در شرکت ملی گاز ایران و شرکت های فرعی وابسته تهیه شده است.
۲. شرکت ملی گاز ایران در مورد نیازهای عمومی از استانداردهای وزارت نفت (IPS) و در مورد نیازهای تخصصی از استانداردهای اختصاصی خود (IGS) استفاده می کند.
۳. استانداردهای شرکت ملی گاز ایران (IGS) با نظارت کمیته های تخصصی استاندارد، متشکل از کارشناسان و مشاوران بخش های مختلف تهیه و پس از تأیید شورای استاندارد (منتخب هیأت مدیره شرکت ملی گاز ایران) به تصویب هیأت مدیره شرکت ملی گاز می رسند.
۴. در تنظیم متن استانداردهای (IGS)، از همه منابع شناخته شده و معتبر علمی، اطلاعات فنی-تخصصی مربوط به صنایع گاز دنیا، مشخصات فنی تولیدات سازندگان معتبر جهانی و نیز از نتیجه پژوهش ها و تجارب کارشناسان داخلی بر حسب مورد استفاده می شود. همچنین به منظور استفاده از هر چه بیشتر از تولیدات ملی، قابلیت های سازندگان داخلی نیز مورد توجه قرار می گیرد.
۵. استانداردها به طور متوسط هر ۵ سال یک بار و یا در صورت ضرورت، زودتر، بازنگری و به روز رسانی می شود. بنابراین کاربران باید همیشه آخرین نگارش را مورد استفاده قرار دهند.
۶. هرگونه نظر و یا پیشنهاد اصلاح در مورد استانداردها مورد استقبال و بررسی قرار خواهد گرفت و پس از تأیید، استاندارد مربوطه نیز بازنگری خواهد شد.

تعاریف عمومی

در متن این استاندارد (IGS) از تعاریف و اصطلاحات زیر استفاده می شود:

۱. "شرکت" (COMPANY): منظور، "شرکت ملی گاز ایران" و یا شرکت های فرعی وابسته می باشد.
۲. "فروشنده" (SUPPLIER/VENDOR): به فرد یا مؤسسه ای گفته می شود که نسبت به شرکت متعهد شده است.
۳. "خریدار" (PURCHASER): منظور، "شرکت ملی گاز ایران" و یا شرکت های فرعی وابسته می باشد.



فهرست

صفحه	عنوان
۳.....	۱- هدف و دامنه کاربرد.....
۳.....	۲- مراجع.....
۳.....	۳- تعاریف و اصطلاحات.....
۶.....	۴- شرح الزامات.....
۶.....	۴-۱- مراحل ارزیابی دستگاه.....
۶.....	۴-۲- حداقل الزامات سیستم های دیجیتال کننده فیلم های رادیوگرافی.....
۹.....	۴-۳- کنترل کیفی و پایداری بلند مدت سیستم دیجیتال کننده.....
۱۲.....	۵- مستندسازی.....

۱- هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین حداقل الزامات دیجیتالی سازی فیلم های رادیوگرافی به منظور تهیه آرشیو تصاویر دیجیتال حاصل از فیلم های رادیوگرافی آنالوگ می باشد. دامنه کاربرد این استاندارد شرکت ملی گاز ایران می باشد.

۲- مراجع

۱) استاندارد ملی شماره ۱۶۴۲۰ قسمت ۱ - ارزیابی کیفی سیستم های دیجیتالی کننده فیلم پرتو نگاری- قسمت ۱: تعاریف، اندازه گیری کمی پارامترهای کیفی تصویر، فیلم مرجع استاندارد و کنترل کیفی -۱۳۹۲

۲) استاندارد ملی شماره ۱۶۴۲۰ قسمت ۲ آزمون غیر مخرب- ارزیابی کیفی سیستم های دیجیتالی کننده فیلم پرتو نگاری- قسمت ۲ حداقل الزامات - ۱۳۹۵

- 3) EN 584-1 Non-destructive testing-Industrial Radiographic Film – part 1. Classification of film systems for industrial radiography-1995
- 4) ISO 14096-1 Non-destructive testing- Qualification of radiographic film digitization systems- Part 1:Definitions, quantitative measurements of image quality parameters, standard reference film and qualitative control
- 5) ISO14096-2 Non -destructive testing — Qualification of radiographic film digitization systems — Part 2: Minimum requirements

۳- تعاریف و اصطلاحات

۳-۱- منحنی مشخصه انتقال (Characteristic Transfer Curve) CTC:

رابطه بین چگالی اپتیکی فیلم و داده های دیجیتال شده

۳-۲- گستره چگالی (Density Range) DR

گستره بین بیشینه و کمینه چگالی های اپتیکی که می توان با دیجیتایزر اندازه گیری کرد.

۳-۳- حساسیت کنتراست چگالی: ΔDCS (Density Contrast Sensitivity)

حداقل تغییرات چگالی فیلم که توسط دیجیتایزر تشخیص داده می شود.

۳-۴- دامنه دانسیته (DR)

دامنه دانسیته دیجیتال کننده بوسیله منحنی مشخصه تبدیل (CTC) تعیین می گردد. دامنه دانسیته دیجیتال کننده همان اختلاف بین حداقل و حداکثر دانسیته اپتیکی بوده که بوسیله دیجیتال کننده می



تواند تفکیک داده شود.

۳-۵- اندازه پیکسل (Pixel Size) P

فاصله هندسی میان مرکز پیکسل های مجاور در یک ردیف (گام افقی) یا در یک ستون (گام عمودی) در تصویر روبش شده

۳-۶- چگالی اپتیکی D

مقدار لگاریتم در مبنای ده نسبت شدت نور نفوذی در جلو (I_o) و پشت (ID) فیلم پرتونگاری بر طبق معادله

$$D = \log \frac{I_o}{I_D}$$

۳-۷- تابع پهن شدگی لبه ESF

نمودار به دست آمده از یک پله تابع پله ای پس از دیجیتالی کردن یادآوری- این تابع می تواند برحسب شدت نور یا چگالی اپتیکی باشد.

۳-۸- عدم وضوح دیجیتایزر UD

محو شدن لبه های تیز توسط دریچه روبش، نور پراکنده شده صاعقه یا پهنای باند الکترونیکی این مقدار با استفاده از فاصله هندسی متناظر با نقطه ۱۰٪ و ۹۰٪ تابع پهن شدگی لبه (ESF) از یک تابع پله ای شدت نور به دست می آید.

۳-۹- بسامد مکانی f

با استفاده از تغییرات سینوسی شدت در راستای یک محور هندسی تعریف می شود دوره تناوب این تابع برحسب تعداد جفت خط ها در یک میلیمتر (l p/mm) اندازه گیری می شود.

۳-۱۰- مقدار بیشینه بسامد مکانی f_c

در حالت نظری این مقدار، برحسب تعداد جفت خط ها در یک میلیمتر و طبق نظریه نمونه برداری نایکوئیست از معادله زیر می دست آید:

$$f_c = 1/(2 * P)$$

در عمل، اندازه دریچه روبش، پارامترهای مکانیکی و الکترونیکی دیجیتایزر این مقدار نظری را کاهش می دهند.



۳-۱۱- تابع انتقال مدولاسیون MTF

مقدار نرمال شده ی تبدیل فوری ه ی (FT) مشتق چگالی اپتیکی مکانی تابع پهن شدگی لبه (ESF) (به شکل مراجعه شود).

این مقدار تابع عدم وضوح دیجیتایزر (انتقال کنتراست به صورت تابعی از اندازه جسم) را شرح می دهد. یادآوری- محاسبه MTF بر اساس چگالی های اپتیکی متناظر با دز پرتو ایکس انجام می شود

۳-۱۲- توان تفکیک دیجیتالی (بر حسب بیت)

تعداد بیت های مربوط به مبدل آنالوگ به دیجیتال دیجیتایزر که برای دیجیتالی کردن چگالی سنجی به کار می روند. یادآوری- توان تفکیک یک داده دیجیتالی N بیتی معادل 2^N مقدار دیجیتال است.

۳-۱۳- گام نمونه برداری چگالی DSP

تغییرات چگالی اپتیکی مربوط به افزایش یک واحدی در مقدار دیجیتال شده یادآوری- این تغییرات چگالی به منحنی مشخصه انتقال دیجیتایزر بستگی دارد. گام نمونه برداری چگالی می تواند تابعی از چگالی باشد.

۳-۱۴- حساسیت کنتراست چگالی، DCS، دلتا

حداقل تغییرات چگالی فیلم که توسط دیجیتایزر تشخیص داده می شود. این مقدار به طور عمده با توجه نویز فرآیند دیجیتالی کردن توسط دیجیتایزر (نویز کوانتو می آشکارساز نور) تعیین می شود.

۳-۱۵- فیلم مرجع استاندارد

تصویر ثبت شده بر روی یک فیلم پرتونگاری صنعتی حاوی تمامی الگوهای مرجع شرح داده شده در این استاندارد

۳-۱۶- الگوها

الگوهای فیزیکی بر روی فیلم مرجع استاندارد که برای ارزیابی دیجیتایزر مورد استفاده قرار می گیرند.

۳-۱۷- دیجیتایزر (رقمی ساز)

در دیجیتایزر عملیات زیر به ترتیب انجام می شود:

- الف - آشکارسازی عبور نفوذی از یک واحد کوچک در سطح فیلم (پیکسل، المان تصویر) توسط یک آشکارساز نوری که خروجی آن یک سیگنال الکتریکی است (دیجیتالی کردن هندسی
- ب- تبدیل این سیگنال عددی به یک مقدار الکتریکی (دیجیتالی کردن چگالی سنجی)

۳-۱۸- دریچه روبش SA

گستره مکانی (سطح) فیلم پرتونگاری که دیجیتایزر در هنگام دیجیتالی کردن هندسی آن را به عنوان یک پیکسل روبش می کند.



اندازه دریچه روبش به صورت زیر تعیین می شود:

- برای دریچه مستطیل شکل: ضلع بزرگ تر
- برای دریچه دایره شکل: قطر

اندازه دریچه روبش قدرت تفکیک مکانی دیجیتایزر را محدود می کند.

۴- شرح الزامات

قبل از مراحل ارزیابی دستگاه دیجیتال کننده، ابتدا باید پارامترهای اساسی فرایند دیجیتال نمودن فیلم رادیوگرافی از قبیل رزولوشن مکانی، خطی مکانی، گستره چگالی، حساسیت کنتراست چگالی تجهیز دیجیتال کننده کنترل و اندازه گیری شود و پس از اطمینان از استاندارد بودن تجهیز، اجازه اسکن نمودن و آرشیو فیلم ها صادر گردد. برای این منظور و اطمینان از صحت عملکرد دستگاه، منحنی مشخصه انتقال تصویر آنالوگ به دیجیتال با الزامات زیر برای دستگاه مورد نظر اندازه گیری شود.

۴-۱- مراحل ارزیابی دستگاه

۱- دستگاه دیجیتال کننده باید تاییدیه سازمان انرژی اتمی و یا هر مرجع معتبر دیگر مورد تایید شرکت ملی گاز ایران در موارد زیر را داشته باشد:

- ۱-۱ چگالی اپتیکی آن بازه بین $D_{0.5}$ و $D_{4.5}$ را پوشش دهد.
- ۲-۱ تغییر چگالی اپتیکی بین دو پله مجاور بیشتر از $\Delta D = 0.5$ نباشد.
- ۳-۱ مساحت هر پله حداقل 100 mm^2 باشد.

۴-۱ برای دستیابی به نویز فیلم کمتر از $\Delta D = 0.01$ (در اندازه پیکسل $88.6 \mu\text{m}$)، بایستی از فیلم دانه ریز (کلاس C طبق EN ۵۸۴-۱) با پرتو دهی کم استفاده گردد و گواهینامه مربوطه را جهت اخذ تاییدیه کارفرما ارسال می نماید.

۴-۲- حداقل الزامات سیستم های دیجیتال کننده های رادیوگرافی

تمام سیستم های دیجیتالی کننده فیلم پرتو نگاری به سه رده کیفی DS ، DB و DA تقسیم می شوند: DS : فن بهینه شده که دیجیتالی کردن را همراه با کاهش ناچیز نسبت سیگنال به نویز و قدرت تفکیک مکانی انجام می دهد.

زمینه کاربرد: بایگانی دیجیتالی فیلم ها (ذخیره سازی فیلم ها)

DB : فن بهینه شده که اجازه کاهش مقداری از کیفیت تصویر را می دهد.

زمینه کاربرد: تحلیل دیجیتالی فیلم ها، فیلم های پرتونگاری اصلی باید بایگانی شوند.

DA : فن پایه که اجازه کاهش بیشتری در کیفیت تصویر و قدرت تفکیک مکانی می دهد.



زمینه کاربرد: تحلیل دیجیتالی فیلم ها، فیلم های پرتونگاری اصلی باید بایگانی شوند.

هر سیستم دیجیتالی سازی فیلم های پرتونگاری برای کاربردهای آزمون غیر مخرب باید تمام گستره های کاری چگالی های نوری را پشتیبانی کند و باید بر اساس رده کیفی که در جدول شماره ۱ آمده است و مقدار بیشینه $MF \geq 20\%$ ، طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۶۴۲۰ که با این سیستم میتوان انجام داد طبقه بندی شود.

- رده کیفی دیجیتال کردن فیلم های رادیوگرافی جهت آرشیو دیجیتال می بایست حداقل رده کیفی DB و مطابق الزامات ذیل باشد:

-دامنه دانسیته ، تفکیک پذیری دیجیتال و حساسیت کنتراست چگالی باید طبق جدول شماره (۱) باشد.

جدول ۱- کمینه ی گستره چگالی سیستم دیجیتالی سازی پرتونگاری با کمینه حساسیت کنتراست چگالی

عامل	رده DS	رده DB	رده DA
گستره چگالی D_R^a	۰/۵ تا ۴/۵	۰/۵ تا ۴/۰	۰/۵ تا ۳/۵
قدرت تفکیک دیجیتالی برحسب بیت	≥ 12	≥ 10	≥ 10
حساسیت کنتراست چگالی D_R در ΔD_{CS}	≤ 0.02	≤ 0.02	≤ 0.02
^a این گستره چگالی می تواند به گستره های کاری جداگانه تقسیم شود.			

به دلیل وابستگی عدم وضوح ذاتی به انرژی در فیلم های پرتونگاری صنعتی با پرتو ایکس عوامل زیر مطابق جدول شماره (۲) باید در نظر گرفته شود.

جدول ۲- کمینه توان تفکیک مکانی سیستم های دیجیتال سازی فیلم

انرژی		رده DS		رده DB		رده DA	
keV	اندازه پیکسل	lp/mm	MTF 20%	اندازه پیکسل	lp/mm	MTF 20%	اندازه پیکسل
≤ 100	۱۵	۱۶۷	۵۰	۵	۷۰	۳٫۶	۱۰۰
۱۰۰ تا ۲۰۰	۳۰	۸۳	۷۰	۳٫۶	۸۵	۳	۱۰۰
۲۰۰ تا ۴۵۰ Se-75, Yb-169	۶۰	۴۲	۸۵	۳	۱۰۰	۲٫۵	۱۰۰
Ir-192	۱۰۰	۲٫۵	۱۲۵	۲	۱۵۰	۱٫۷	۱۵۰
$> 1\text{MeV}$, Co-60	۲۰۰	۱٫۲۵	۲۵۰	۱	۲۵۰	۱	۲۵۰

به عبارتی دیگر در فرایند پرتونگاری با چشمه $Ir-192$ حداکثر اندازه پیکسل $100\mu m$ و در صورت پرتونگاری با اشعه ایکس با قدرت ۲۰۰ الی 450 keV ، حداکثر اندازه پیکسل $60\mu m$ مجاز خواهد بود. همچنین فرکانس تابع تبدیل ($MTF 20\%$)، برای اشعه گاما معادل 2.5 lp/mm و برای اشعه ایکس معادل 4.2 lp/mm طبق جدول مذکور، ملاک عمل خواهد بود.

۴-۲-۱- رده دیجیتالی کردن بر اساس رده آزمون پرتونگاری

در استاندارد ملی ایران به شماره ۸۸۳۲ یا استانداردهای اروپایی EN12681, EN1435, EN444 برای آزمون های پرتونگاری دو رده A و B تعریف شده است. پرتونگاشتهایی که طبق این استانداردها تهیه می شوند باید مطابق جدول شماره ۳ دیجیتالی شوند.



جدول ۳- رده دیجیتالی کردن کمینه براساس رده های A و B آزمون پرتو نگاری در صورتی که پرتونگاشت ها بر پایه استاندارد ملی ایران به شماره ۸۸۳۲ یا استانداردهای اروپایی EN12681, EN1435, EN444 تهیه شده باشند

ضخامت دیوار (mm)	رده DS	رده DB	رده DA
فولاد			
< ۵	B	A	—
≥ ۵	B	B	A

یادآوری: برای آشکار سازی ترک های ریز و عیوب ها باید از رده کیفی DB یا بالاتر استفاده شود .
پس از انجام فرایند دیجیتال سازی، تمام شاخص های الزامی کیفیت تصویر باید همانگونه که در فیلم پرتو نگاری اصلی دیده می شوند در تصویر دیجیتال نیز مشاهده شوند.

۳-۴- کنترل کیفی و پایداری بلند مدت سیستم دیجیتال کننده

۴-۳-۱- بررسی متعارف

کاربر سیستم دیجیتال کننده (سرپرست تیم اجرایی)، باید پارامترهای زیر را در گستره مشخص شده بازبینی نماید. این پارامترها براساس موارد زیر تعیین می شوند:

الف- الگوهای تفکیک مکانی همگرا- مقدار بیشینه فرکانس مکانی (f_c)

ب- الگو های چگالی (با $\Delta D=0.02, 0.0$ و تفکیک 0.1) حساسیت کنتراست چگالی (الگوها روی نمایشگر از هم تفکیک پذیر هستند یا خیر؟)

پ- الگوی خطی بودن مکانی - پایداری ابعادی در تعداد پیکسل ها برای طول و عرض مرجع (به عنوان مثال در جهت X و Y)

ت- الگوی چگالی پله ایی - گستره چگالی (بیشینه و کمینه چگالی) قابل تشخیص

در روش بازبینی می توان از یک بسته نرم افزاری استفاده کرد که داده ها را از فیلم مرجع استاندارد دیجیتال شده تولید می کند.

روش جایگزین، مشاهده فیلم مرجع استاندارد دیجیتال شده روی یک نمایشگر با توانایی نمایش حساسیت و قدرت تفکیک تصویر همراه با ابزارهای نرم افزاری اندازه گیری است. در این حالت از تنظیمات کنتراست و روشنایی می توان استفاده کرد

۴-۳-۲- بررسی تکمیلی

بررسی تکمیلی روش های اجرایی توصیف شده باید مطابق بندهای ۴-۱ و ۴-۲ و ۴-۳ از استاندارد ملی شماره ۱۶۴۲۰-۱ باشد.

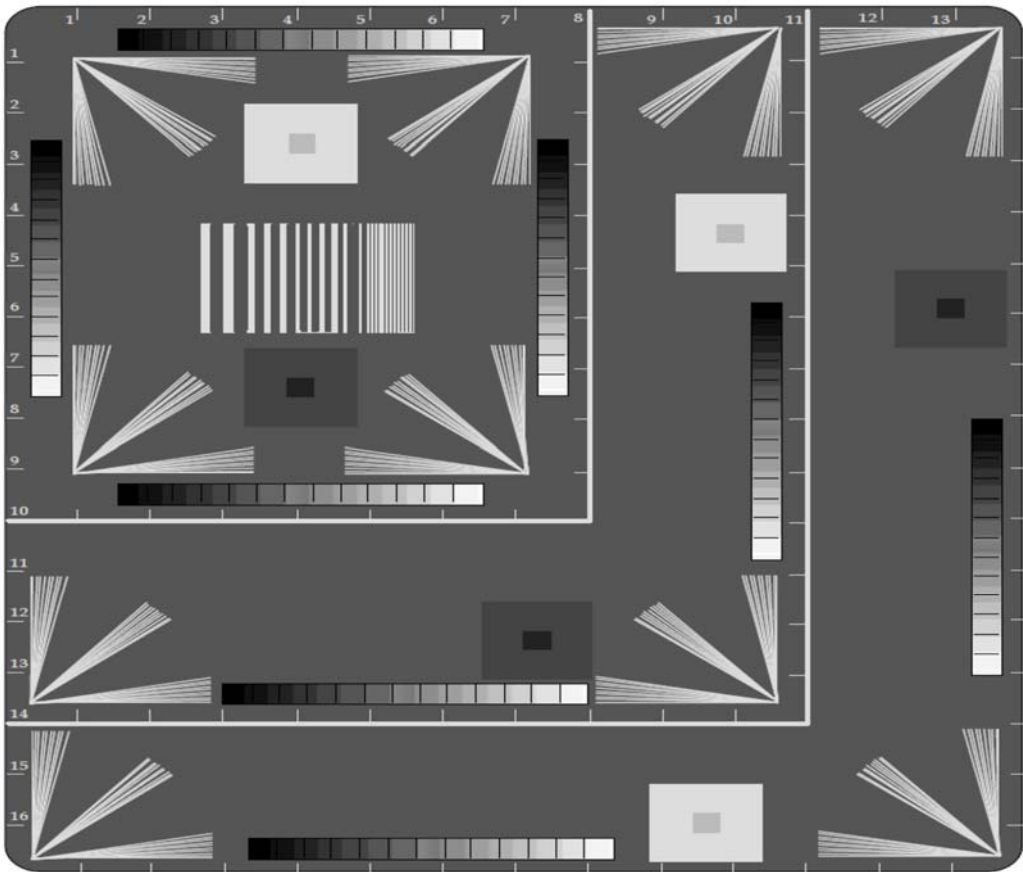
این بررسی باید در بیشینه قدرت تفکیک مکانی مشخص شده برای سیستم های دیجیتال کننده و در تمام حالت های کاری مورد استفاده انجام شود.

بررسی تکمیلی برای اطمینان از برآورده شدن حداقل الزامات لازم برای سیستم دیجیتالی کننده مطابق با ISO 14096-2 باید انجام شود. بررسی تکمیلی، رده بندی سیستم دیجیتالی کننده را تعیین می کند (مطابق با آنچه در ISO 14096-2 مشخص شده است).

۴-۳-۳- دوره های تکرار آزمون و پایداری دراز مدت

باید بررسی تکمیلی بلافاصله پس از راه اندازی یا تعمیر سیستم دیجیتالی کننده انجام شود. نتایج باید برای آزمون های پایایی دراز مدت، مستندسازی و دوره تکرار بررسی متعارف و بررسی تکمیلی به همراه سطوح پذیرش، توسط یک سیستم تضمین کیفیت تعیین و صحت گذاری شوند.

جهت اطمینان از عملکرد صحیح سیستم دیجیتال سازی و ارزیابی سطح کیفی آن از فیلم مرجع استاندارد شکل شماره (۱) استفاده گردد.



شکل ۱- فیلم مرجع استاندارد

۵- مستندسازی

- سوابق، مدت و مکان نگهداری سوابق فیلم های دیجیتال سازی شده باید مطابق جدول شماره ۴ به همراه نرم افزار و بانک داده های مربوطه، نگهداری گردد.

جدول ۴- سوابق، مدت و مکان نگهداری سوابق

ردیف	عنوان فرم / سابقه	حداقل مدت نگهداری	محل نگهداری
۱	فیلم های رادیوگرافی آنالوگ	به تشخیص کارفرما بسته به رده کیفی دیجیتال سازی	بایگانی کارفرما
۲	آرشیو دیجیتال فیلم های رادیوگرافی پروژه در قالب آلبوم لوح های فشرده (DVD) / هارد دیسک	۳۰ سال	بایگانی کارفرما
۳	نرم افزار و بانک اطلاعات فیلم های رادیوگرافی با قابلیت ردیابی و منبسط با Joint History سرجوش ها و قطعات رادیوگرافی شده	۳۰ سال	بایگانی کارفرما

- مدت نگهداری این فرمها/سوابق در بایگانی جاری تا زمان معتبر بودن مستند مربوطه خواهد بود. لذا پس از تکمیل مجدد، عملاً مدت بایگانی جاری آن به اتمام می رسد.
- در صورتی که کیفیت دیجیتال سازی فیلم ها در سطح DS باشد نگهداری و بایگانی فیلم های آنالوگ ضرورت ندارد.
- بدیهی است مدت نگهداری سوابق با توجه به نوع سابقه مشتمل بر مدت نگهداری در بایگانی جاری و راکد می باشد. فهرستی از کلیه سوابق که در هر واحد بصورت الکترونیکی نگهداری می شود، در انتهای هر یک از مستندات (جدول سوابق) مشخص شده است.