

清华大学校园绿化遥感监测与分析

李钦 2020012872

未央-水木 02

liqin20@mails.tsinghua.edu.cn

摘要

监测与分析校园绿化对于建设良好的生态文明具有重要意义，使用传统手段对校园绿化进行监测存在诸多不足之处。本文使用来自 Landsat 和 Sentinel-2 的卫星遥感影像数据，通过基于 GEE 平台处理影像数据、计算植被指数，对 1984 年 – 2022 年间清华大学校园绿化在时间和空间维度上的分布进行了初步分析。结果显示，植被指数随季节的变化与大多数植被随季节变化的生物学规律相符，植被指数的空间分布与校园规划基本吻合，这说明了选取植被指数为衡量校园绿化状况指标的合理性。

完整的项目开源于 GitHub: <https://github.com/liblaf/THU-VI>.

目录

1 选题背景	2
1.1 校园绿化	2
1.2 遥感技术	2
1.3 清华校园	2
2 研究方法	3
2.1 数据来源	3
2.1.1 清华大学校园边界	3
2.1.2 卫星遥感影像数据	3
2.2 植被指数	3
2.2.1 归一化植被指数 (NDVI)	3
2.3 计算平台	3
3 GEE 实现	4
3.1 预处理数据	4
3.2 计算植被指数 (VI)	5
3.3 导出计算结果	5
4 结果分析	5
4.1 四季更替	5
4.2 历史趋势	5
4.3 空间分布	7
5 总结与展望	7
A 高德地图 API 详细结果	9
B GEE 源码	16

1 选题背景

1.1 校园绿化

“生态环境是人类生存和发展的根基，生态环境变化直接影响文明兴衰演替。”[1] 中共二十大报告指出，中国式现代化是人与自然和谐共处的现代化。城市作为现代化的重要载体，应该是人与人、人与自然和谐相处的美好家园。基于人与自然和谐共生的建设理念，习近平总书记强调，“城市建设要以自然为美，把好山好水好风光融入城市”。[2]

校园是城市的重要组成部分，其内部绿化景观自然是生态文明建设的重要组成部分。一方面，绿化具有一定的功能价值。一般来说，植被具有调节温度、增加空气湿度、隔绝噪音、防风固沙等作用。[3] 清华大学校园地处中国北方，气候干旱，气温变化剧烈。秋冬季节常发生风沙灾害。同时，校园地处繁华市区，周边环境嘈杂。绿化对校园生态文明建设和生活、学习环境的改善具有重要作用。另一方面，绿化具有一定的艺术价值。绿色植被对人的情绪有舒缓和调节作用。校园内丰富多样的植物与各具特色的建筑交相辉映，极具观赏价值。

1.2 遥感技术

遥感是一门现代新兴技术，可以在不与目标直接接触的情况下，对远离目标的物体进行感测、测量和确定其物理和几何特征。基于高空间分辨率的太空遥感平台，对地理特征的观测数据在数量和质量以及实效性方面都能够获得远超传统观测方法的结果，其中包括对于地面植被情况的观测。遥感技术的一种广泛的应用是用于衡量地表植被状况，前人的工作中已提出许多成熟的模型或指标，例如 NDVI 等。借助于遥感技术，这些指标也能够应用于衡量校园绿化状况。

1.3 清华校园

清华校园内的绿化广泛且植被种类丰富。《水木湛清华 — 清华大学校园植物》中收录的清华校园内的植物覆盖 115 科 330 属 500 种。其中按照生物学特征分类有乔木 116 种，灌木 132 种，草本 252 种；按照是否人工栽培分类有栽培 319 种，野生 181 种。

不同植物的分布范围也有所不同。例如海南常山 (*Dichroa mollissima*) (fig. 1a) 主要集中在绿园，从南区到至善路路口可见玉簪 (*Hosta plantaginea*) (fig. 1b)，雕塑园中还有人工栽培的白桦 (*Betula platyphylla*) (fig. 1c) 等等。



(a) 海南常山



(b) 玉簪



(c) 白桦

图 1: 清华校园内植被

众多的植被共同丰富了清华校园的绿化环境, 对这些植被状况的监测是必不可少的.

2 研究方法

本文使用来自卫星的遥感影像数据, 以植被指数为标准衡量校园绿化状况, 分析清华校园绿化在时间和空间维度上的分布情况.

2.1 数据来源

2.1.1 清华大学校园边界

清华大学校园的 AOI 边界数据来源于高德地图公开的 API. 首先在网页版高德地图内搜索 “清华大学”, 并选中搜索结果, 这时可以发现链接已经跳转至 <https://amap.com/place/B000A7BD6C>. 其中 B000A7BD6C 即为 “清华大学” 对应的 ID. 查询 API <https://amap.com/detail/get/detail?id=B000A7BD6C>, 在 `data > spec > mining_shape > shape` 条目下可以查询得到清华大学对应的 AOI 边界多边形各点的经纬度坐标. (详见 appendix A)

2.1.2 卫星遥感影像数据

本文使用来自 Landsat 和 Sentinel-2 的遥感影像数据.[4] 一方面, 这些数据能够覆盖较长的时间范围, 且精度满足初步分析的需求. 另一方面, 这部分数据是免费公开的, 易于获取.

2.2 植被指数

在遥感应用领域, 植被指数广泛应用于植被覆盖度和生长势的定性和定量评价. 由于植被光谱受到植被本身、光照、土壤和水分等复杂环境的综合影响, 并且受到不稳定的大气变化影响, 因此没有一个稳定普遍的值, 其研究往往表现出复杂的结果.[5]

前人的工作中提出了很多评估地表植被状况的方法 [6], 本文选取其中的一些指标作为样例进行计算. 根据研究目的的不同, 其余的指标也可以通过类似的方法进行计算和求解.

2.2.1 归一化植被指数 (NDVI)

归一化植被指数 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) 是常用的一种植被指数, 其计算方法如下:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red}} \quad (1)$$

其中 Red 和 NIR 分别表示红色 (可见光) 和近红外区域的光谱反射率.

2.3 计算平台

Google Earth Engine (GEE) 是一个方便快捷的卫星影像数据处理平台, 相比与 ENVI 等传统工具, 在线的 GEE 不受限于本地物理机的资源限制, 能够快速处理大量数据. 同时, GEE 提供免费的服务以及海量的公开数据集. 因此本文基于 GEE 平台进行开发数据处理方法.

3 GEE 实现

基于 GEE 平台, 下文将给出计算清华大学校园内 VI 时空分布的方法, 整体的处理流程如 fig. 2 所示. 完整的 GEE 源码见 appendix B.

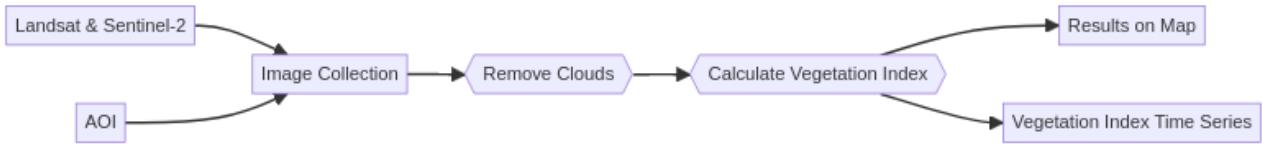


图 2: Methodology

3.1 预处理数据

不同版本的 Landsat 数据集覆盖的时间范围不同, 通过将 Landsat 4-9 的数据进行整合, 影像数据的时间跨度能够大幅延长.

```

1 // * Image Collection > Landsat
2 function SRIImageCollection(duration, cutout, threshold) {
3   // image collections are imported using the "imp" file
4   var L9sr = imp.ColeccionLandsatSR(duration, "LC09", cutout, threshold);
5   var L8sr = imp.ColeccionLandsatSR(duration, "LC08", cutout, threshold);
6   var L7sr = imp.ColeccionLandsatSR(duration, "LE07", cutout, threshold);
7   var L5sr = imp.ColeccionLandsatSR(duration, "LT05", cutout, threshold);
8   var L4sr = imp.ColeccionLandsatSR(duration, "LT04", cutout, threshold);
9   // ETM and ETM+ data are spectral fit to OLI and OLI-2
10  var L7a = L7sr.map(imp.TMaOLI);
11  var L5a = L5sr.map(imp.TMaOLI);
12  var L4a = L4sr.map(imp.TMaOLI);
13  // join collections
14  var series = L9sr.merge(L8sr)
15    .merge(L7a)
16    .merge(L5a)
17    .merge(L4a)
18    .sort("system:time_start");
19  return series;
20 }
  
```

除了 Landsat 外, Sentinel-2 数据集也提供公开访问. 为了保证数据的有效性, 云量过高的数据需要被剔除, 本文选取 clouds = 30 % 为阈值.

```

1 // * Image Collection > Landsat & Sentinel-2
2 function CollectionImageBoth(duration, cutout, threshold) {
3   // function for Landsat images with spectral adjustment
4   var L8Set = SRIImageCollection(duration, cutout, threshold);
5   // Sentinel-2
6   var S2sr = imp.ColeccionImagenSentinelSR(duration, cutout, threshold);
7   // spectral matching of Sentinel-2 to Landsat
8   var S2a = S2sr.map(imp.MSIaOLI);
9   var series = S2a.merge(L8Set).sort("system:time_start");
10  return series;
11 }
12
13 // the collection is imported
14 var S2B = CollectionImageBoth(duration, table, clouds);
  
```

3.2 计算植被指数 (VI)

基于 Jiménez [7] 的工作, 我们很容易在预处理后的数据集上计算 VI.

```

1 // * Vegetation indices
2 // Normalized Difference Vegetation Index --- NDVI
3 var index_name = "NDVI";
4 var vis = ee.ImageCollection(S2B.map(imp2[index_name]));

```

3.3 导出计算结果

计算完成后, 可以将计算结果中某一时刻的 VI, 例如可用数据集中最早的时刻, 作为新的图层直观地显示在 GEE 的地图中进行分析.

```

1 // NDVI from the first image in the collection
2 var vi = vis.first();
3 // color palette where 'st' file is used
4 var viVis = { min: 0, max: 1, palette: st.paletaIV };
5 Map.addLayer(vi.clip(table), viVis, index_name); // index
6 // the map is centered to the area
7 Map.centerObject(table, 15);

```

除此之外, 不同时段的 VI 数据也可以通过 ui.Chart 按时间序列导出下载.

```

1 // * Time Series
2 var filtered = boundary;
3 var reducers = ee.Reducer.mean().combine({
4   reducer2: ee.Reducer.stdDev(),
5   sharedInputs: true,
6 });
7 var chart = ui.Chart.image.series(vis, filtered, reducers, 10).setOptions({
8   title: "Vegetation Index Time Series",
9   hAxis: { title: "Date", format: "yyyy-MM" },
10  vAxis: { title: index_name },
11 });
12 print(chart);

```

4 结果分析

4.1 四季更替

以 2021.03 – 2022.03 为例, 截取 NDVI 的变化曲线如 fig. 3 所示. 不难发现, NDVI 在春季和夏季保持较高水平, 而在秋季和冬季有所下降, 这符合大多数植被季节变化的生物学规律. 除此之外, 秋冬季节的 NDVI 波动剧烈. 这可能是由于秋冬季节气候因素多变, 大气条件不稳定, 可能导致观测受到干扰.

4.2 历史趋势

在可用的数据范围内, 截取所有时段 NDVI 的变化曲线如 fig. 4 所示. 不难看出, NDVI 年峰值在 1998 – 2002 年出现小幅下降, 后保持稳定的缓慢增长.

值得注意的是, NDVI 在空间分布上的标准差 (STD) 有逐渐增大的趋势, 这意味着清华校园绿化在空间分布上可能存在不均或过于集中的现象.

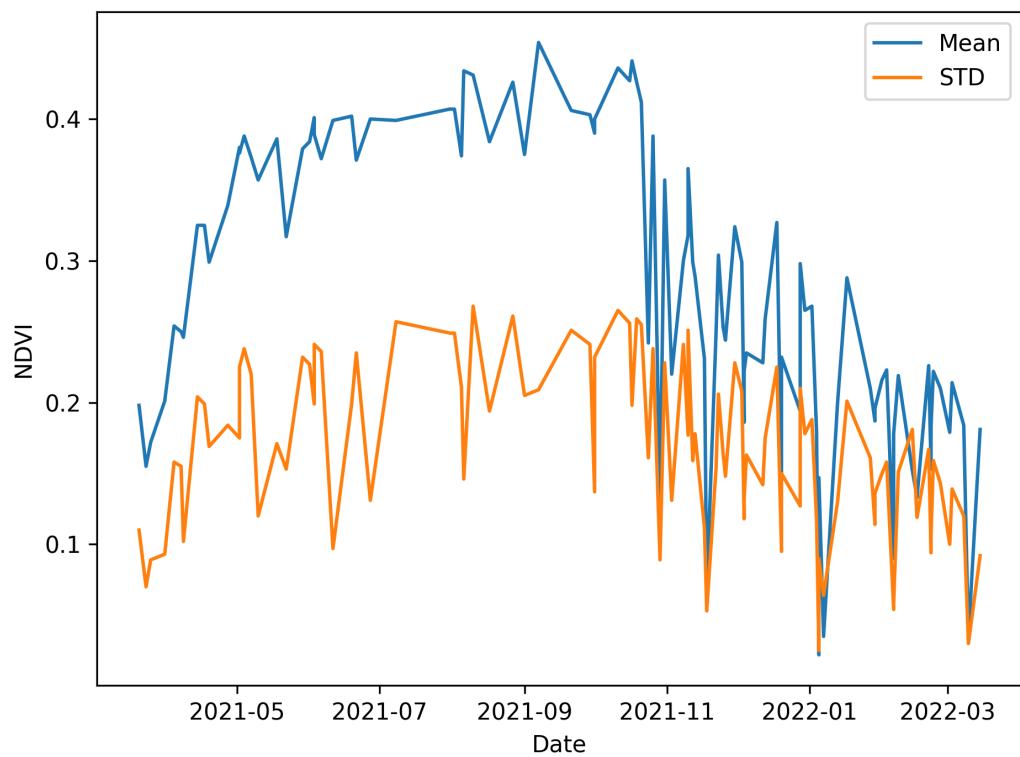


图 3: NDVI Time Series (One Year)

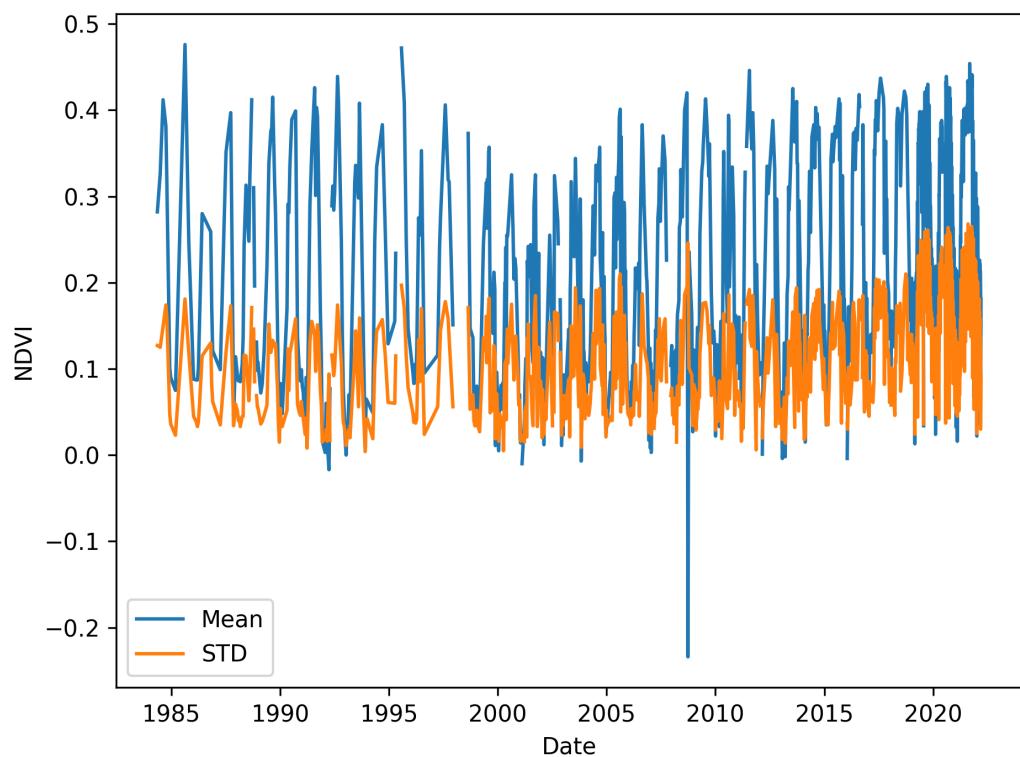


图 4: NDVI Time Series (All Time)

4.3 空间分布

热力图能够直观反映某一时刻植被在空间上的分布情况。以五年为周期，选取每年 NDVI 最高的时间点作出 NDVI 的空间分布热力图如 fig. 5。可以看出北部学生生活区的植被覆盖相比早期有所减少。

进一步地，结合历史上的校园规划 (fig. 6)，我们可以进行更加细致的分析。可以看出校园中绿地区域，如树林、操场天然草坪等，与热力图中 NDVI 较高的区域基本吻合。



图 5: NDVI 热力图

5 总结与展望

基于来自 Landsat 和 Sentinel-2 的卫星遥感影像数据，本文选取 NDVI 为指标，在时间和空间两个维度上对清华校园内 1984 年 – 2022 年间的绿化情况进行持续性的分析。

从 VI 的时间序列出发，在一年的尺度范围内，绿化的季节性变化与一般植被在生物学上的季节变化相一致。在更长的时间范围内，VI 的变化也能够作为衡量校园绿化整体状况的指标。从 VI 的空间分布出发，结合历史上的校园规划图可以发现 VI 的空间分布与校园规划中的绿化分布基本吻合，这进一步说明了选取 VI 为衡量绿化指标的合理性。

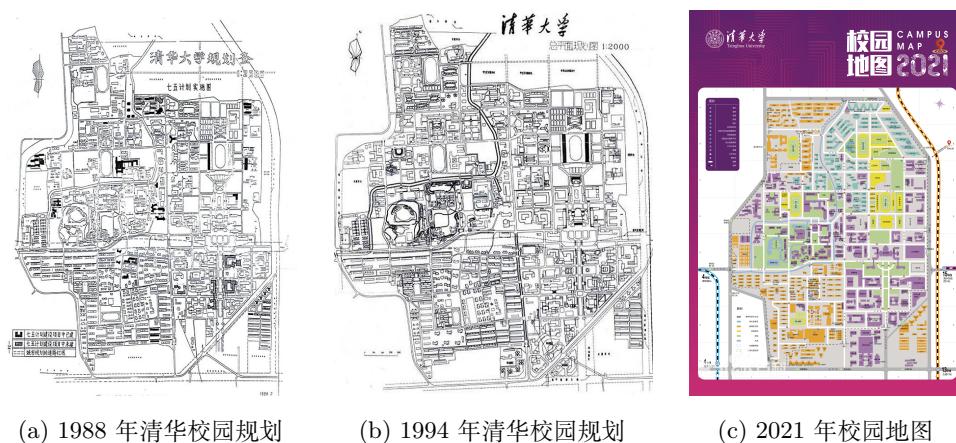


图 6: 校园规划

来自卫星的遥感数据具有很可观的数量和质量,但对于校园绿化复杂的植被分布仍然是不足的。例如,不同植被的区别、垂直空间上的分布、生长状况等细节难以使用单一的遥感数据监测。为此,可以适当引入人力调查、小型监测站、无人机观测等地面观测技术,进一步提升观测数据的细度和扩展可观测数据的维度。结合生物学领域的知识和技术,能够对校园绿化进行更完善和全面的监测。

References

- [1] 习近平. “推动我国生态文明建设迈上新台阶”. In: 奋斗 3 (2019). ISBN: 0428-2205 Type: 10.16634/j.cnki.cn23-1001/d.2019.03.002, pp. 1–16.
- [2] 陈永森 and 陈源充. “林草兴则生态兴: 习近平关于国土绿化的重要论述及其重大意义”. In: 东南学术 6 (2022). ISBN: 1008-1569 Type: 10.13658/j.cnki.sar.2022.06.010, pp. 33–40.
- [3] 刘阳. “浅谈垂直绿化在城市园林中的作用”. In: 居业 9 (2022). ISBN: 2095-4085, pp. 100–102.
- [4] Martin Claverie et al. “The Harmonized Landsat and Sentinel-2 surface reflectance data set”. In: Remote Sensing of Environment 219 (Dec. 2018), pp. 145–161. ISSN: 00344257. DOI: [10.1016/j.rse.2018.09.002](https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.09.002). URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425718304139> (visited on 12/14/2022).
- [5] 田庆久 and 闵祥军. “植被指数研究进展”. In: 地球科学进展 4 (1998). ISBN: 1001-8166, pp. 10–16.
- [6] A. Bannari et al. “A review of vegetation indices”. In: Remote Sensing Reviews 13.1 (Aug. 1995), pp. 95–120. ISSN: 0275-7257. DOI: [10.1080/02757259509532298](https://doi.org/10.1080/02757259509532298). URL: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02757259509532298> (visited on 12/14/2022).
- [7] Sergio Iván Jiménez-Jiménez et al. “VICAL: Global Calculator to Estimate Vegetation Indices for Agricultural Areas with Landsat and Sentinel-2 Data”. In: Agronomy 12.7 (June 24, 2022), p. 1518. ISSN: 2073-4395. DOI: [10.3390/agronomy12071518](https://doi.org/10.3390/agronomy12071518). URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/7/1518> (visited on 12/14/2022).

A 高德地图 API 详细结果

```

1  {
2      "status": "1",
3      "data": {
4          "base": {
5              "poi_tag": "",
6              "code": "110108",
7              "importance_vip_flag": 0,
8              "city_adcode": "110000",
9              "telephone": "010-62793001",
10             "new_type": "141201",
11             "new_keytype": "科教文化服务;学校;高等院校",
12             "checked": "1",
13             "title": "人文教育",
14             "cre_flag": 0,
15             "std_t_tag_0_v": "大学",
16             "navi_geometry": "116.328817,39.994591",
17             "classify": "学校",
18             "business": "education",
19             "sp_mark": 0,
20             "shop_info": {
21                 "claim": 0
22             },
23             "poi_tag_has_t_tag": 0,
24             "pixelx": "220957376",
25             "pixely": "101620940",
26             "city_name": "北京市",
27             "sp_tag": "中西合璧建筑风格",
28             "poiid": "B000A7BD6C",
29             "distance": 0,
30             "name": "清华大学",
31             "geodata": {
32                 "landmark": [
33                     {
34                         "count": 3,
35                         "hot_info": {
36                             "distance": "834",
37                             "name": "圆明园遗址公园",
38                             "poiid": "B000A16E89"
39                         },
40                         "type": 4
41                     },
42                     {
43                         "count": 1,
44                         "hot_info": {
45                             "distance": "855",
46                             "name": "创新大厦",
47                             "poiid": "B000A4D89B"
48                         },
49                         "type": 9
50                     }
51                 ],
52                 "aoi": [
53                     {
54                         "name": "清华大学教师发展中心",
55                         "mainpoi": "BOFFJHVCLP",
56                         "area": 436.045677
57                     },
58                     {
59                         "name": "清华大学",
60                         "mainpoi": "B000A7BD6C",
61                     }
62                 ]
63             }
64         }
65     }
66 }
```

```

61         "area": 2675772.743892
62     }
63   ],
64 },
65 "end_poi_extension": "1",
66 "y": "40.003213",
67 "x": "116.326933",
68 "address": "北京市海淀区双清路30号",
69 "tag": "科教文化服务;学校;高等院校",
70 "picLen": 2
71 },
72 "spec": {
73   "mining_shape": {
74     "shape_type": "0",
75     "shape": "116.323614,40.011275;116.323852,40.011278;116.324091,40.011233;116.324366,40.011231;116.324589,40.01
    ↪ 1166;116.324843,40.011073;116.325598,40.011818;116.326276,40.012656;116.326538,40.013228;116.327586,40.013251;116.1
    ↪ 328089,40.013269;116.328161,40.013269;116.32821,40.013263;116.328883,40.013136;116.328944,40.013132;116.329014,40.
    ↪ 013128;116.330892,40.013178;116.330925,40.013178;116.330986,40.013163;116.331326,40.013033;116.332104,40.012384;11
    ↪ 6.334612,40.010122;116.335559,40.009323;116.335907,40.008901;116.336232,40.008421;116.336342,40.008221;116.336599,
    ↪ 40.0074;116.336688,40.006976;116.33683,40.004731;116.336994,40.00047;116.337062,39.999151;116.335405,39.999079;116
    ↪ .33545,39.997942;116.335407,39.997796;116.335319,39.997707;116.335255,39.997668;116.334376,39.997617;116.334118,39
    ↪ .997604;116.332891,39.997533;116.332942,39.996644;116.333029,39.996647;116.333035,39.996499;116.332256,39.996497;1
    ↪ 16.332201,39.996387;116.332096,39.996327;116.32872,39.996203;116.328891,39.994392;116.328545,39.994387;116.328197,
    ↪ 39.994558;116.32755,39.994642;116.326888,39.994635;116.326893,39.994322;116.326494,39.994379;116.323791,39.994287;
    ↪ 116.32266,39.993246;116.322696,39.992612;116.322023,39.992582;116.321953,39.992596;116.321856,39.992648;116.321495
    ↪ ,39.99302;116.321384,39.993143;116.321172,39.99334;116.32081,39.993794;116.320523,39.995245;116.320258,39.996932;1
    ↪ 16.320188,39.99707;116.320046,39.997236;116.319893,39.997361;116.319732,39.997423;116.31936,39.9975;116.319031,39.
    ↪ 997498;116.318995,39.998139;116.318945,39.99815;116.318836,39.998147;116.318561,39.998122;116.317087,39.99806;116.
    ↪ 316241,39.998056;116.315888,39.998489;116.315534,39.999001;116.315239,39.999379;116.315243,39.999569;116.315319,40
    ↪ .000088;116.315329,40.000818;116.315369,40.001874;116.317312,40.002026;116.31739,40.002188;116.31736,40.003347;116
    ↪ .317307,40.004134;116.317373,40.004418;116.317297,40.004535;116.315382,40.004455;116.315399,40.004788;116.315426,4
    ↪ 0.004917;116.315455,40.004995;116.315581,40.005203;116.315742,40.005357;116.316397,40.005719;116.316611,40.005803;
    ↪ 116.31714,40.005904;116.318258,40.006041;116.318435,40.006074;116.318606,40.00613;116.318817,40.006219;116.318966,
    ↪ 40.006304;116.319101,40.006433;116.319177,40.006546;116.319249,40.006683;116.319317,40.006849;116.319326,40.006955
    ↪ ;116.319352,40.007165;116.319355,40.007253;116.319315,40.007581;116.320893,40.007657;116.320831,40.008344;116.3227
    ↪ 65,40.008477;116.32266,40.009199;116.322612,40.009703;116.322568,40.00995;116.322473,40.010205;116.322902,40.01029
    ↪ 6;116.323139,40.010324;116.322925,40.011135;116.323434,40.011257;116.323614,40.011275",
    ↪ "aoiid": "G00AOI000006LB08",
    ↪ "center": "116.326933,40.003213",
    ↪ "level": 15,
    ↪ "sp_type": "3410"
    ↪ }
    ↪ },
    ↪ "pic_cover": {
    ↪   "url": "http://store.is.autonavi.com/showpic/519ed77c9cf298dee94831bbbe786bdc"
    ↪ },
    ↪ "pic": [
    ↪   {
    ↪     "weight": 999,
    ↪     "text_info": [
    ↪       {
    ↪         "text_locate_score": 0.9997783303260804,
    ↪         "text": "圆华清",
    ↪         "text_fuzzy_score": 0.4441751693550032,
    ↪         "contour": [
    ↪           [
    ↪             212,
    ↪             164
    ↪           ],
    ↪           [
    ↪             226,
    ↪             166
    ↪           ],
    ↪           [
    ↪             212,
    ↪             164
    ↪           ]
    ↪         ]
    ↪       }
    ↪     ]
    ↪   }
    ↪ ]
  }
}

```

```
103           279,
104           175
105       ],
106     [
107       289,
108       177
109   ],
110   [
111     291,
112     178
113 ],
114 [
115   292,
116   179
117 ],
118 [
119   292,
120   192
121 ],
122 [
123   290,
124   194
125 ],
126 [
127   287,
128   194
129 ],
130 [
131   268,
132   191
133 ],
134 [
135   232,
136   185
137 ],
138 [
139   210,
140   181
141 ],
142 [
143   207,
144   180
145 ],
146 [
147   205,
148   179
149 ],
150 [
151   205,
152   165
153 ],
154 [
155   206,
156   164
157 ]
158 ]
159 }
160 ],
161 "srcheight": 330,
162 "url": "http://store.is.autonavi.com/showpic/519ed77c9cf298dee94831bbbe786bdc?type=pic",
163 "aesthetic_score": {
164   "aesthetic_door": 1.903249852359295,
165   "aesthetic_deep": 1.5359270721673963,
166   "aesthetic_outpic": -1
```

```
167     },
168     "iscover": 1,
169     "digital_type": {
170       "content": {
171         "category": "门头",
172         "score": 0.7937999963760376
173       }
174     },
175     "type": "环境",
176     "srcwidth": 499
177   },
178   {
179     "update_time": "2022-06-23 19:22:17",
180     "text_info": [
181       {
182         "text_locate_score": 0.9991456270217896,
183         "text": "宜馨华清",
184         "text_fuzzy_score": 1,
185         "contour": [
186           [
187             304,
188             136
189           ],
190           [
191             305,
192             137
193           ],
194           [
195             305,
196             143
197           ],
198           [
199             304,
200             144
201           ],
202           [
203             241,
204             144
205           ],
206           [
207             241,
208             138
209           ],
210           [
211             244,
212             137
213           ],
214           [
215             287,
216             136
217           ]
218         ]
219       }
220     ],
221     "srcheight": 356,
222     "url": "http://store.is.autonavi.com/showpic/6258fa5d68afe4e51c9ccbd55ee07a9?type=pic",
223     "aesthetic_score": {
224       "aesthetic_door": -1,
225       "aesthetic_deep": 1.8917326666414735,
226       "aesthetic_outpic": -1
227     },
228     "author_id": "62298678",
229     "digital_type": {
230       "content": {
```

```

231         "category": "建筑",
232         "score": 0.8299999833106995
233     },
234   ],
235   "type": "其他",
236   "srcwidth": 499
237 }
238 ],
239 "education": {
240   "src_type_mix": "education_shenma_api;rutang_api;sm_mfw_info",
241   "opentime": "[{h0}{h24}]",
242   "src_id": "594ca29e-5dca-11e5-8178-d43d7e6fab60",
243   "src_star": "5",
244   "business": "education",
245   "menu_pic": [],
246   "intro": "清华大学(Tsinghua
247 University)是中国著名高等学府,坐落于北京西北郊风景秀丽的清华园.是中国高层次人才培养和科学技术研究的重要基地之一.
248 清华大学的前身是清华学堂,成立于1911年,当初是清政府建立的留美预备学校.1912 年更名为清华学校,为尝试人才的本地培养,1925
249 年设立大学部,同年开办研究院(国学门),1928年更名为“国立清华大学”
250 ,并于1929年秋开办研究院,各系设研究所.1937年抗日战争爆发后,南迁长沙,与北京大学、
251 南开大学联合办学,组建国立长沙临时大学,1938年迁至昆明,改名为国立西南联合大学.1946年,清华大学迁回清华园原址复校,设有文、法、
252 理、工、农等5 个学院,26 个系. 1952年,全国高校院系调整后,清华大学成为一所多科性工业大学,重点为国家培养工程技术人才,被誉为
253 “工程师的摇篮” .1978年以来,清华大学进入了一个蓬勃发展的新时期,逐步恢复了理科、经济、
254 管理和文科类学科,并成立了研究生院和继续教育学院.1999
255 年,原中央工艺美术学院并入,成立清华大学美术学院.在国家和教育部的大力支持下,经过“211工程”建设和“985计划”
256 的实施,清华大学在学科建设、人才培养、师资队伍、科学研究以及整体办学条件等方面均跃上了一个新的台阶.目前,清华大学设有13
257 个学院,54个系,已成为一所具有理学、工学、文学、艺术学、历史学、哲学、经济学、管理学、法学、教育学和医学等学科的综合性、
258 研究型大学. 清芬挺秀,华夏增辉.今天的清华大学面临前所未有的历史机遇,清华人继承“爱国、奉献”的优良传统,秉承“自强不息、
259 厚德载物”的校训、“行胜于言”的校风以及“严谨、勤奋、求实、创新”
260 的学风,为使清华大学跻身世界一流大学行列,为中华民族的伟大复兴而努力奋斗.”,
261   "src_type": "an_deep_hotelpic",
262   "opentime2": "00:00-24:00",
263   "tag_category": "卓越计划;研究生院;国防生;自主招生"
264 },
265 "deep": {
266   "src_type_mix": "education_shenma_api;rutang_api;sm_mfw_info",
267   "opentime": "[{h0}{h24}]",
268   "src_id": "594ca29e-5dca-11e5-8178-d43d7e6fab60",
269   "src_star": "5",
270   "business": "education",
271   "menu_pic": [],
272   "intro": "清华大学(Tsinghua
273 University)是中国著名高等学府,坐落于北京西北郊风景秀丽的清华园.是中国高层次人才培养和科学技术研究的重要基地之一.
274 清华大学的前身是清华学堂,成立于1911年,当初是清政府建立的留美预备学校.1912 年更名为清华学校,为尝试人才的本地培养,1925
275 年设立大学部,同年开办研究院(国学门),1928年更名为“国立清华大学”
276 ,并于1929年秋开办研究院,各系设研究所.1937年抗日战争爆发后,南迁长沙,与北京大学、
277 南开大学联合办学,组建国立长沙临时大学,1938年迁至昆明,改名为国立西南联合大学.1946年,清华大学迁回清华园原址复校,设有文、法、
278 理、工、农等5 个学院,26 个系. 1952年,全国高校院系调整后,清华大学成为一所多科性工业大学,重点为国家培养工程技术人才,被誉为
279 “工程师的摇篮” .1978年以来,清华大学进入了一个蓬勃发展的新时期,逐步恢复了理科、经济、
280 管理和文科类学科,并成立了研究生院和继续教育学院.1999
281 年,原中央工艺美术学院并入,成立清华大学美术学院.在国家和教育部的大力支持下,经过“211工程”建设和“985计划”
282 的实施,清华大学在学科建设、人才培养、师资队伍、科学研究以及整体办学条件等方面均跃上了一个新的台阶.目前,清华大学设有13
283 个学院,54个系,已成为一所具有理学、工学、文学、艺术学、历史学、哲学、经济学、管理学、法学、教育学和医学等学科的综合性、
284 研究型大学. 清芬挺秀,华夏增辉.今天的清华大学面临前所未有的历史机遇,清华人继承“爱国、奉献”的优良传统,秉承“自强不息、
285 厚德载物”的校训、“行胜于言”的校风以及“严谨、勤奋、求实、创新”
286 的学风,为使清华大学跻身世界一流大学行列,为中华民族的伟大复兴而努力奋斗.”,
287   "src_type": "an_deep_hotelpic",
288   "opentime2": "00:00-24:00",
289   "tag_category": "卓越计划;研究生院;国防生;自主招生"
290 },
291 "rti": {
292   "review_entrance": 1,
293   "has_discount_flag": 0
294 },
295 }
296

```

```

267     "review": {
268         "comment": [
269             {
270                 "quality_flag": 0,
271                 "author_profileurl":
272                     "http://aos-cdn-image.amap.com/pp/avatar/9c0/b8/fd/209798353.jpeg?ver=1536231453&imgoss=1",
273                     "new_src_info": {},
274                     "review_wapurl": "",
275                     "labels": [],
276                     "quality_score": 42,
277                     "src_name": "高德地图",
278                     "review_appurl": {
279                         "ios_appurl": "",
280                         "android_appurl": ""
281                     },
282                     "pic_info": [
283                         {
284                             "url":
285                                 "https://aos-comment.amap.com/B000A7BD6C/comment/dd9d2084d4d9830a4eae469fba5e488e_2048_2048_80.jpg",
286                                     "source": "",
287                                     "new_src_info": {}
288                             },
289                             {
290                                 "url":
291                                     "https://aos-comment.amap.com/B000A7BD6C/comment/95de584f62bf36761b3ca666555c6121_2048_2048_80.jpg",
292                                         "source": "",
293                                         "new_src_info": {}
294                                         },
295                                         {
296                                             "url":
297                                                 "https://aos-comment.amap.com/B000A7BD6C/comment/7d1cca53a30eea98cb4230263bf51456_2048_2048_80.jpg",
298                                                 "source": "",
299                                                 "new_src_info": {}
300                                                 },
301                                                 ],
302                                                 "author": "比开耳佛",
303                                                 "hide_view_all": 0,
304                                                 "review": "不愧是最高学府，环境优美，学子们行色匆匆，感受了一下氛围希望自己也能沾上一点智慧的气息哈哈哈哈，希望下次再来哦",
305                                                 "score": 5,
306                                                 "recommend": "",
307                                                 "review_id": "114506001067487786",
308                                                 "review_weburl": "",
309                                                 "gaode_coin": null,
310                                                 "like_num": "0",
311                                                 "aos_tag_score": 35,
312                                                 "high_quality": 0,
313                                                 "gold_num": null,
314                                                 "time": "2023-01-23 19:33:15",
315                                                 "author_id": 209798353
316                                         },
317                                         {
318                                             "quality_flag": 0,
319                                             "author_profileurl":
320                     "http://aos-cdn-image.amap.com/pp/avatar/40b/30/37/205732536.jpeg?ver=1662089942&imgoss=1",
321                     "new_src_info": {},
322                     "review_wapurl": "",
323                     "labels": [],
324                     "quality_score": 42,
325                     "src_name": "高德地图",
326                     "review_appurl": {
327                         "ios_appurl": "",
328                         "android_appurl": ""
329                     },
330                     }
331             }
332         }
333     }
334 
```

```

325     "pic_info": [
326         {
327             "url":
328             "https://aos-comment.amap.com/B000A7BD6C/comment/348336fff138f337f584757921bbbbce_2048_2048_80.jpg",
329                 "source": "",
330                 "new_src_info": {}
331         },
332         {
333             "url":
334             "https://aos-comment.amap.com/B000A7BD6C/comment/87c3d3b1c095c84404959a7e440d6253_2048_2048_80.jpg",
335                 "source": "",
336                 "new_src_info": {}
337         },
338         {
339             "url":
340             "https://aos-comment.amap.com/B000A7BD6C/comment/f9e7a23ba11d5614fb15b443c5233fa9_2048_2048_80.jpg",
341                 "source": "",
342                 "new_src_info": {}
343         },
344         {
345             "url":
346             "https://aos-comment.amap.com/B000A7BD6C/comment/b835386a2b236d03850358a591f0ae41_2048_2048_80.jpg",
347                 "source": "",
348                 "new_src_info": {}
349         },
350         {
351             "url":
352             "https://aos-comment.amap.com/B000A7BD6C/comment/c4caf5b5667b343b6384f8493f11a22b_2048_2048_80.jpg",
353                 "source": "",
354                 "new_src_info": {}
355         },
356         {
357             "url":
358             "https://aos-comment.amap.com/B000A7BD6C/comment/838cda2bc04d3e4a57dfcf3fcf4eb96_2048_2048_80.jpg",
359                 "source": "",
360                 "new_src_info": {}
361         },
362         {
363             "url":
364             "https://aos-comment.amap.com/B000A7BD6C/comment/f0ad06ba6163eff496025249f4ad4e68_2048_2048_80.jpg",
365                 "source": "",
366                 "new_src_info": {}
367         },
368         {
369             "url":
370             "https://aos-comment.amap.com/B000A7BD6C/comment/e22b3c72ef41c97c31346dacc0394743_2048_2048_80.jpg",
371                 "source": "",
372                 "new_src_info": {}
373         },
374         ],
375         "author": "给好吃的给我",
376         "hide_view_all": 0,
377         "review": "体验:不愧是世界著名学府，里面的风景真的非常的美，感受到浓浓的读书氛围和学术氛围，\n虽然很多人在那边拍照旅游，但是还能感受得到学校的那份庄重。 \n感受:给我的感觉就是不一样，小时候总是梦想去清华北大读书，\n但是这个梦想还是实现不了，哈哈。",
378         "score": 5,
379         "recommend": "",
380         "review_id": "248920399",
381     }

```

```

378     "review_weburl": "",
379     "gaode_coin": null,
380     "like_num": "0",
381     "aos_tag_score": 25.6,
382     "high_quality": 0,
383     "gold_num": null,
384     "time": "2022-12-08 09:48:04",
385     "author_id": 205732536
386   }
387 ]
388 },
389 "src_info": [],
390 "share_url": "http://wb.amap.com/?p=B000A7BD6C%2C40.003213%2C116.326933%2C%E6%B8%85%E5%8D%8E%E5%A4%A7%E5%AD%A6%2C%
391 ↪ E5%8C%97%E4%BA%AC%E5%B8%82%E6%B5%B7%E6%B7%80%E5%8C%BA%E5%8F%8C%E6%B8%85%E8%B7%AF30%E5%8F%B7"
392 }

```

B GEE 源码

```

1 // image collections
2 var imp = require("users/InifapCenidRaspa/VICAL:Exportaciones");
3 // vegetation indices
4 var imp2 = require("users/InifapCenidRaspa/VICAL:VegetationIndex");
5 // visualization styles
6 var st = require("users/InifapCenidRaspa/VICAL:Style");
7
8 // * Image Collection
9 var duration = ["1911-01-01", "2023-01-01"]; // start and end date
10 // polygon or point
11 var boundary = ee.Geometry.Polygon([
12   [116.323614, 40.011275],
13   [116.323852, 40.011278],
14   [116.324091, 40.011233],
15   [116.324366, 40.011231],
16   [116.324589, 40.011166],
17   [116.324843, 40.011073],
18   [116.325598, 40.011818],
19   [116.326276, 40.012656],
20   [116.326538, 40.013228],
21   [116.327586, 40.013251],
22   [116.328089, 40.013269],
23   [116.328161, 40.013269],
24   [116.32821, 40.013263],
25   [116.328883, 40.013136],
26   [116.328944, 40.013132],
27   [116.329014, 40.013128],
28   [116.330892, 40.013178],
29   [116.330925, 40.013178],
30   [116.330986, 40.013163],
31   [116.331326, 40.013033],
32   [116.332104, 40.012384],
33   [116.334612, 40.010122],
34   [116.335559, 40.009323],
35   [116.335907, 40.008901],
36   [116.336232, 40.008421],
37   [116.336342, 40.008221],
38   [116.336599, 40.0074],
39   [116.336688, 40.006976],
40   [116.33683, 40.004731],

```

```
41 [116.336994, 40.00047],  
42 [116.337062, 39.999151],  
43 [116.335405, 39.999079],  
44 [116.33545, 39.997942],  
45 [116.335407, 39.997796],  
46 [116.335319, 39.997707],  
47 [116.335255, 39.997668],  
48 [116.334376, 39.997617],  
49 [116.334118, 39.997604],  
50 [116.332891, 39.997533],  
51 [116.332942, 39.996644],  
52 [116.333029, 39.996647],  
53 [116.333035, 39.996499],  
54 [116.332256, 39.996497],  
55 [116.332201, 39.996387],  
56 [116.332096, 39.996327],  
57 [116.32872, 39.996203],  
58 [116.328891, 39.994392],  
59 [116.328545, 39.994387],  
60 [116.328197, 39.994558],  
61 [116.32755, 39.994642],  
62 [116.326888, 39.994635],  
63 [116.326893, 39.994322],  
64 [116.326494, 39.994379],  
65 [116.323791, 39.994287],  
66 [116.32266, 39.993246],  
67 [116.322696, 39.992612],  
68 [116.322023, 39.992582],  
69 [116.321953, 39.992596],  
70 [116.321856, 39.992648],  
71 [116.321495, 39.99302],  
72 [116.321384, 39.993143],  
73 [116.321172, 39.99334],  
74 [116.32081, 39.993794],  
75 [116.320523, 39.995245],  
76 [116.320258, 39.996932],  
77 [116.320188, 39.99707],  
78 [116.320046, 39.997236],  
79 [116.319893, 39.997361],  
80 [116.319732, 39.997423],  
81 [116.31936, 39.9975],  
82 [116.319031, 39.997498],  
83 [116.318995, 39.998139],  
84 [116.318945, 39.99815],  
85 [116.318836, 39.998147],  
86 [116.318561, 39.998122],  
87 [116.317087, 39.99806],  
88 [116.316241, 39.998056],  
89 [116.315888, 39.998489],  
90 [116.315534, 39.999001],  
91 [116.315239, 39.999379],  
92 [116.315243, 39.999569],  
93 [116.315319, 40.000088],  
94 [116.315329, 40.0000818],  
95 [116.315369, 40.001874],  
96 [116.317312, 40.002026],  
97 [116.31739, 40.002188],  
98 [116.31736, 40.003347],  
99 [116.317307, 40.004134],  
100 [116.317373, 40.004418],  
101 [116.317297, 40.004535],  
102 [116.315382, 40.004455],  
103 [116.315399, 40.004788],  
104 [116.315426, 40.004917],
```

```

105     [116.315455, 40.004995],  

106     [116.315581, 40.005203],  

107     [116.315742, 40.005357],  

108     [116.316397, 40.005719],  

109     [116.316611, 40.005803],  

110     [116.31714, 40.005904],  

111     [116.318258, 40.006041],  

112     [116.318435, 40.006074],  

113     [116.318606, 40.00613],  

114     [116.318817, 40.006219],  

115     [116.318966, 40.006304],  

116     [116.319101, 40.006433],  

117     [116.319177, 40.006546],  

118     [116.319249, 40.006683],  

119     [116.319317, 40.006849],  

120     [116.319326, 40.006955],  

121     [116.319352, 40.007165],  

122     [116.319355, 40.007253],  

123     [116.319315, 40.007581],  

124     [116.320893, 40.007657],  

125     [116.320831, 40.008344],  

126     [116.322765, 40.008477],  

127     [116.32266, 40.009199],  

128     [116.322612, 40.009703],  

129     [116.322568, 40.00995],  

130     [116.322473, 40.010205],  

131     [116.322902, 40.010296],  

132     [116.323139, 40.010324],  

133     [116.322925, 40.011135],  

134     [116.323434, 40.011257],  

135     [116.323614, 40.011275],  

136   ]);  

137   var table = ee.FeatureCollection(boundary);  

138  

139   var clouds = 30; //percentage of clouds  

140  

141   /* Image Collection > Landsat  

142   function SRImageCollection(duration, cutout, threshold) {  

143     // image collections are imported using the "imp" file  

144     var L9sr = imp.ColeccionLandsatSR(duration, "LC09", cutout, threshold);  

145     var L8sr = imp.ColeccionLandsatSR(duration, "LC08", cutout, threshold);  

146     var L7sr = imp.ColeccionLandsatSR(duration, "LE07", cutout, threshold);  

147     var L5sr = imp.ColeccionLandsatSR(duration, "LT05", cutout, threshold);  

148     var L4sr = imp.ColeccionLandsatSR(duration, "LT04", cutout, threshold);  

149     // ETM and ETM+ data are spectral fit to OLI and OLI-2  

150     var L7a = L7sr.map(imp.TMaOLI);  

151     var L5a = L5sr.map(imp.TMaOLI);  

152     var L4a = L4sr.map(imp.TMaOLI);  

153     // join collections  

154     var series = L9sr.merge(L8sr)  

155       .merge(L7a)  

156       .merge(L5a)  

157       .merge(L4a)  

158       .sort("system:time_start");  

159     return series;  

160   }  

161  

162   /* Image Collection > Landsat & Sentinel-2  

163   function CollectionImageBoth(duration, cutout, threshold) {  

164     // function for Landsat images with spectral adjustment  

165     var L8Set = SRImageCollection(duration, cutout, threshold);  

166     // Sentinel-2  

167     var S2sr = imp.ColeccionImagenSentinelSR(duration, cutout, threshold);  

168     // spectral matching of Sentinel-2 to Landsat

```

```
169 var S2a = S2sr.map(imp.MSIaOLI);
170 var series = S2a.merge(L8Set).sort("system:time_start");
171 return series;
172 }
173
174 // the collection is imported
175 var S2B = CollectionImageBoth(duration, table, clouds);
176
177 // * Vegetation indices
178 // Normalized Difference Vegetation Index --- NDVI
179 var index_name = "NDVI";
180 var vis = ee.ImageCollection(S2B.map(imp2[index_name]));
181
182 // NDVI from the first image in the collection
183 var vi = vis.first();
184 // color palette where 'st' file is used
185 var viVis = { min: 0, max: 1, palette: st.paletaIV };
186 Map.addLayer(vi.clip(table), viVis, index_name); // index
187 // the map is centered to the area
188 Map.centerObject(table, 15);
189
190 // * Time Series
191 var filtered = boundary;
192 var reducers = ee.Reducer.mean().combine({
193   reducer2: ee.Reducer.stdDev(),
194   sharedInputs: true,
195 });
196 var chart = ui.Chart.image.series(vis, filtered, reducers, 10).setOptions({
197   title: "Vegetation Index Time Series",
198   hAxis: { title: "Date", format: "yyyy-MM" },
199   vAxis: { title: index_name },
200 });
201 print(chart);
```